



S.E.P. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
de Tuxtepec**

**"EVALUACIÓN DE UN MÉTODO BASADO EN
LA CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL
PARA LA DETECCIÓN DE GRASA VEGETAL EN
QUESOS FRESCOS"**

TESIS

Para Obtener el título de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

PRESENTA

LIC. NUT. MARISOL DE MONTSERRAT TEJEDA PAZ

DIRECTOR:

DR. ERASMO HERMAN Y LARA

CO-DIRECTORA:

M.C. ERNESTINA PAZ GAMBOA

CO-DIRECTOR EXTERNO:

DR. JOSÉ MANUEL JUÁREZ BARRIENTOS



MCA-2017/02

TUXTEPEC, OAXACA, FEBRERO 2017

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR:

DR. ERASMO HERMAN Y LARA

CO-DIRECTOR:

M.C. ERNESTINA PAZ GAMBOA

CO-DIRECTOR EXTERNO:

DR. JOSÉ MANUEL JUÁREZ BARRIENTOS

VOCAL:

DR. JUAN GABRIEL TORRUCO UCO

VOCAL SUPLENTE:

DRA. MARIA DE LOS ANGELES VIVAR VERA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

Evaluación de un método basado en la calorimetría de barrido diferencial para la detección de grasa vegetal en quesos frescos

TESIS

Para obtener el título de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

PRESENTA

LIC. NUT. MARISOL DE MONTSERRAT TEJEDA
PAZ

DIRECTOR:

DR. ERASMO HERMAN Y LARA

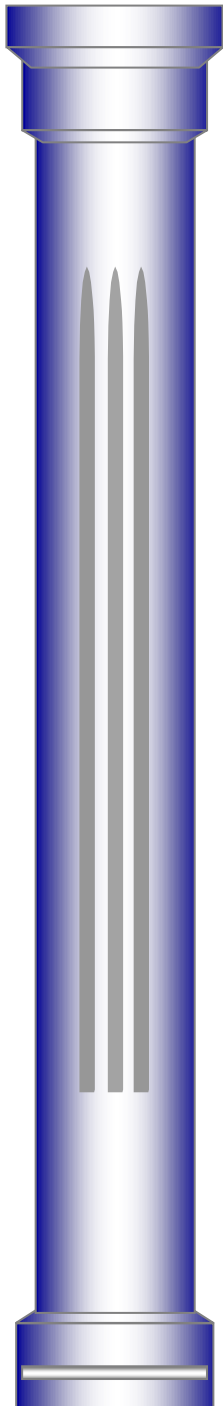
CO-DIRECTORA:

M.C. ERNESTINA PAZ GAMBOA

CO-DIRECTOR EXTERNO:

DR. JOSÉ MANUEL JUÁREZ BARRIENTOS

Tuxtepec, Oaxaca.





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Tuxtepec

"Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
División de Estudios Profesionales

Procedimiento para la Titulación
Autorización de Presentación del Trabajo Profesional
Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1

SUBDIRECCION ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
EXPEDIENTE: DEP-ñ/17
Tuxtepec, Oaxaca. **17/FEBRERO/2017**
OFICIO: No. 1127

C. MARISOL DE MONTSERRAT TEJEDA PAZ
EGRESADA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS
CON NÚMERO DE CONTROL M15350001
PRESENTE.

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE LA COMISIÓN REVISORA INTEGRADA POR LOS C.C. **DR. ERASMO HERMAN Y LARA, M.C. ERNESTINA PAZ GAMBOA, DR. JUAN GABRIEL TORRUCO UCO Y DRA. MARIA DE LOS ÁNGELES VIVAR VERA** REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO "EVALUACIÓN DE UN MÉTODO BASADO EN LA CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL PARA LA DETECCIÓN DE GRASA VEGETAL EN QUESOS FRESCOS" PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE TESIS DEL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL GRADO DE **MAESTRA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS.**

POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES, SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TÉCNICA PRESENTES AL FUTURO"

M.E. JULIAN KURI MAR
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

C.c.p.-Coord. de titulación
JKM/has

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTEPEC
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



Av. Dr. Víctor Bravo C.P. 68350 Col. 5 de Mayo Tuxtepec, Oaxaca
Teléfono: (287) 87 5 10 44 Ext. 103, Fax: (287) 87 5 18 80
e-mail: info@itbus.edu.mx



REGISTRO SGC
Código: ITTUX-AC-PO-008-09
Revisión: 1
Fecha de Autorización: 19 Junio 2014

DEDICATORIA

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor

Quiero agradecer a mi amado compañero de vida, mi esposo Carlos, mil gracias por acompañarme en este proceso, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. Gracias estar siempre a mi lado. Te amo mi vida.

A mi hijo Carlos Gerardo, porque él tuvo que soportar largas horas sin la compañía de su mamá, sin poder entender, a su corta edad. A pesar de ello, cada vez que podíamos, al reunirnos, aprovechamos hermosos momentos, en los que su sola sonrisa me llenaba de ánimo y fuerzas. Te amo hijo mio.

A mis padres Gerardo y Ernestina por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible. Gracias a ellos. Los quiero muchos.

A mis abuelitos Celso, Gerardo, Modesta y María Elena, que aunque físicamente ya no se encuentran conmigo, siempre estuvieron en mi mente y alma, acompañándome y bendiciendo durante los 2 años de maestría. Gracias por todos esos momentos felices de mi infancia a lado de su compañía.

A mis hermanas Mariana y Maritza, gracias por brindarme su cariño y apoyo durante todo este tiempo. Pero sobre todo por seguirnos manteniendo siempre unidas. Mil gracias por sus apoyos al momento de cuidar de su sobrino en momentos que yo tenía que salir o se quedaba enfermo. Las quiero

A mi familia materna, paterna y política, por brindarme su apoyo incondicional en las buenas y en las malas y siempre estar a mi lado. De parte de mis tíos y primos, gracias por el afecto que he recibido desde pequeña.

A mis compañeras de Maestría por haberme brindado su amistad y compañerismo. Pero sobre todo por cada consejo y experiencia compartida en los salones de clase y laboratorios. Sé que podemos ser grandes amigos y colegas. Narda, Anilú, Luz, Ofelia, Karen Sayra, Carlos, y Rubí.

RECONOCIMIENTOS

Debo reconocer de manera especial y sincera al **Dr. Erasmo Herman y Lara** por aceptarme para realizar esta tesis de Maestría bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigadora. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. Muchas gracias Doctor por todo lo aprendido y los años de amistad sinceros que le ha brindado a mi familia y a mí.

Al Dr. José Manuel Juárez Barrientos, por permitirme trabajar en este proyecto y brindarme la facilidad de adquirir nuevos conocimientos, gracias por apoyarme en todo el desarrollo experimental del proyecto y confiar en mí.

A la **M.C. Ernestina Paz Gamboa**, por compartir conmigo sus conocimientos y su tiempo en este proyecto, de igual manera le agradezco el haberme facilitado material y lugar para trabajar. Nuevamente gracias maestra por su apoyo, confianza al no dejarme solo ningún momento, siempre estuvo ahí conmigo como maestra y madre, siempre haciéndome ver lo que era correcto y lo que no, esos tips fueron claves para que yo creciera como persona e investigadora. Por todo esto es de reconocer que usted fue y será una pieza clave en mi vida.

Dr. Juan Gabriel Torruco Uco y la Dra. María de los Ángeles Vivar Vera, gracias por su colaboración en el desarrollo de este trabajo, al brindarme su asesoría, consejos, experiencias y tiempo que ayudaron a mejorar esta tesis de Maestría.

Al Dr. Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera, Dr. Jesús Rodríguez Miranda, Dra. Cecilia Martínez Sánchez, Dra Araceli Pérez Silva, Dra. Roselis García Carmona y Dra. Betsabé Hernández Santos por sus enseñanzas las cuáles fueron base para la realización de este trabajo de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haber proporcionado el financiamiento para la realizar este trabajo de investigación y mis estudios de Maestría en Ciencias en Alimentos.

A la **Coordinación de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Tuxtepec**: por haberme brindado la oportunidad de estudiar la Maestría en Ciencias en Alimentos, gracias por haberme permitido formarme en esta institución.

RESUMEN

TEJEDA PAZ M.M. (2017). M.C EN ALIMENTOS. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC. "EVALUACIÓN DE UN MÉTODO BASADO EN LA CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL PARA LA DETECCIÓN DE GRASA VEGETAL EN QUESOS FRESCOS". DIRECTOR: DR. ERASMO HERMAN Y LARA.

La adición de grasa vegetal (GV) en la elaboración de quesos tiene como finalidad reducir costos, sin embargo, se ven alteradas sus propiedades físico-químicas y sensoriales. La calorimetría de barrido diferencial, es una técnica analítica con potencial para estudiar no solo las propiedades térmicas de la grasa de leche, si no también, detectar adulteraciones con GV en concentraciones bajas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el método de calorimetría de barrido diferencial (DSC por sus siglas en inglés) como herramienta para la detección de adulteración de quesos frescos con grasa vegetal. Los quesos fueron elaborados adicionando GV en concentraciones de 0.5%:QF1, 1.0%:QF2, 2.5%:QF3, 3.5%:QF4 y 5.0%:QF5, además de un control sin GV. Se evaluó la composición química proximal, color (Colorímetro Ultrscan Vis), perfil de textura (Texturómetro TAX.T2), perfil sensorial mediante 8 jueces entrenados, composición de ácidos grasos (Cromatógrafo de gases Agilent 7820A) y propiedades térmicas con un calorímetro de barrido diferencial (DSC Q200, TA Instruments). La concentración mínima detectable de GV se estableció mediante los datos de las propiedades térmicas acoplados a un análisis de Clúster. Los programas estadísticos utilizados fueron SAS 9.3, STATISTICA, STATGRAPHICS centurion XVI, XLSTAT y R. Se observó un aumento ($p < 0.05$) en el contenido de grasa y proteínas y una disminución en el contenido de humedad en los quesos adicionados con 5.0% de grasa vegetal, lo cual incrementó la dureza y gomosidad. Se encontró que aumentando la concentración de GV los valores de ángulo hue (h°) presentaron tonalidades cercanas al color blanco-amarillento ($82-88^\circ$) con disminución ($p < 0.05$) de la luminosidad. Sensorialmente los quesos adicionados con concentraciones $> 2.5\%$ de GV, se caracterizaron con base en los atributos: color blanco, cremoso en gusto y sensación grasosa, que se correlacionan ($R^2 = 0.81$) con los parámetros h° y contenido de grasa. El perfil térmico mostró dos picos endotérmicos (11.08 y 47.20

°C), el primer pico se relacionó con familias de triacilglicéridos con ácidos grasos poli-insaturados que aumentaron de 7.66 a 42.61% y el segundo pico con la disminución de ácidos grasos saturados (de 69.71 a 46.60%). Los datos del perfil térmico acoplados al análisis de Clúster identificaron cuatro grupos definidos donde fue posible discriminar los quesos adulterados con GV en concentraciones mínimas de 0.5%. El método establecido por DSC es un método confiable y de rápida interpretación en la detección mínima de GV en quesos frescos.

ABSTRACT

TEJEDA PAZ M.M. (2017). M.C EN ALIMENTOS. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC. "EVALUATION OF A METHOD BASED ON DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY FOR THE DETECTION OF VEGETABLE FAT IN FRESH CHEESES". DIRECTOR: DR. ERASMO HERMAN Y LARA.

The addition of vegetable fat (VF) in cheese processing aims to reduce costs, however, its physical-chemical and sensory properties are altered. Differential scanning calorimetry is an analytical technique with the potential of study not only the thermal properties of milk fat, but also to detect adulterations with VF in low concentrations. The objective of this research was to evaluate the differential scanning calorimetry (DSC) method as a tool for the detection of adulteration of fresh cheeses with vegetable fat. The cheeses were made by adding VF at concentrations of 0.5%: QF1, 1.0%: QF2, 2.5%: QF3, 3.5%: QF4 and 5.0%: QF5, in addition to a control without VF. The proximal chemical composition, color (Ultrascan Vis Colorimeter), texture profile (Texturometer TAX.T2), sensorial profile by 8 trained judges, fatty acid composition (Agilent 7820A Gas Chromatograph) and thermal properties were evaluated with a differential scanning calorimeter (DSC Q200, TA Instruments). The minimum detectable VF concentration was established by the thermal properties data coupled to a Cluster analysis. The software used was SAS 9.3, STATISTICA, STATGRAPHICS centurion XVI, XLSTAT and R. An increase ($p < 0.05$) in fat and protein content and a decrease in moisture content were observed in cheeses added with 5.0% Vegetable fat, which increased the hardness and gum. It was found that increasing the VF concentration, the values of h° presented shades close to the white-yellowish color (82-88) with a decrease ($p < 0.05$) in luminosity. Sensorially the cheeses added with concentrations $> 2.5\%$ of VF were characterized based on the attributes: white, creamy taste and greasy, which correlate ($R^2 = 0.81$) with the parameters h° and fat content. The thermal profile showed two endothermic peaks (11,08 and 47,20 ° C), the first peak was related to families of triacylglycerides with polyunsaturated fatty acids that increased from 7.66 to 42.61% and the second peak with the decrease of saturated fatty acids (69.71 to 46.60%).

The thermal profile data coupled to Cluster analysis identified four defined groups where it was possible to discriminate cheeses adulterated with VF in minimum concentrations of 0.5%. The method established by DSC is a reliable and a fast interpretation method for the minimum detection of VF in fresh cheeses.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Leche	5
2.1.1 Composición de la leche	5
2.1.2 Producción nacional y estatal	6
2.2 Quesos	8
2.2.1 Generalidades del queso	8
2.2.2 Clasificación del queso	10
2.2.3 Producción internacional, nacional y estatal de quesos	10
2.2.4 Proceso de elaboración de queso fresco	13
2.3 Calidad del queso	15
2.3.1 Composición del queso	15
2.3.2 Textura	16

2.3.3 Color	19
2.3.4 Evaluación sensorial	20
2.4 Adulteración	22
2.4.1 Tipos de adulteración	23
2.4.2 Adulteración en productos lácteos	23
2.4.3 Adulteración en quesos	25
2.5 Métodos utilizados para la detección de adulteración en quesos	27
2.5.1 Métodos cromatográficos	27
2.5.1.1 Análisis por Cromatografía de Gases Aplicada a la Determinación de Perfil de Ácidos Grados	28
2.5.1.2 Análisis por Cromatografía Líquida de Alta Resolución Aplicada a la Determinación de Perfil de Ácidos Grados.	29
2.5.2 Espectroscopía de fluorescencia	30
2.5.3 Calorimetría de barrido diferencial	31
2.6 ANTECEDENTES	35
2.7 JUSTIFICACIÓN	38
2.8 OBJETIVOS	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS	42

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
5.	CONCLUSIONES	73
6.	REFERENCIAS	75
7.	ANEXOS	86

LISTA DE FIGURAS

Figura No.	Descripción	Página No.
1	Principales estados productores de leche bovina 2010-2016 (Millones de litros).	8
2	Diagrama del proceso de transformación y distribución de la leche.	9
3	Producción nacional de distintas variedades de quesos 2015.	14
4	Gráfica general del análisis del perfil de textura.	18
5	Termogramas de DSC de las muestras de un polímero.	32
6	Temperaturas de transiciones rápidas medidas en por el método de calorimetría de barrido diferencial. TA instruments.	33
7	Diagrama del proceso de elaboración del queso fresco.	43
8	Etapas del proceso de análisis del perfil lipídico.	47
9	Equipo de DSC y charolas de aluminio.	50
10	ANDEVA de la evaluación del desempeño individual de los jueces.	60
11	Perfil sensorial de las muestras de quesos.	62
12	Proyección de los quesos y atributos de las dos primeras dimensiones del análisis de componentes.	63
13	Correlación datos fisicoquímicos entre los resultados obtenidos del perfil sensorial.	64

14	Termograma de quesos frescos.	68
15	Clúster de quesos frescos.	71

LISTA DE TABLAS

Tabla No.	Descripción	Página No.
1	Producción nacional de leche bovina 2005-2015 (Miles de litros).	7
2	Clasificación de los quesos.	11
3	Producción de quesos en países seleccionados 2013-2016 (Miles de toneladas).	12
4	Producción nacional de quesos 2013-2016.	13
5	Composición química de la leche de vaca con respecto al queso fresco.	16
6	Diseño experimental optimizado para el servido de muestras de los panelistas.	47
7.	Composición química de los tratamientos de quesos frescos analizados	53
8	Correlación datos entre los resultados obtenidos de las distintas pruebas de análisis.	53
9.	Parámetros de color de muestras de quesos fresco adicionadas a distintas concentraciones de grasa vegetal.	55
10	Parámetros del análisis de perfil de textura de las muestras de quesos frescos adicionadas a distintas concentraciones de grasa vegetal	57
11	Atributos seleccionados mediante la ecuación de media aritmética.	58

12	Porcentajes de ácidos grasos en quesos frescos por cromatografía de gases.	66
13	Propiedades térmicas de los quesos frescos.	69
14	Análisis de Clúster de quesos.	72

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La adulteración de productos alimenticios es de interés primordial para los consumidores, empresas procesadoras de alimentos, y agencias reguladoras (Kalivas et al., 2014). Este fraude alimenticio es considerado un problema creciente, impulsado por la globalización, la oportunidad económica y la poca credibilidad (Pustjens et al., 2015). La adulteración normalmente implica reemplazar o diluir los ingredientes de alto costo con los de menor costo (Kalivas et al., 2014). Esta acción se considera un fraude alimenticio que desde el comienzo de la civilización; se ha utilizado logrando impactar en la confianza de los consumidores (Deelstra et al., 2014).

La mayoría de las adulteraciones se hacen para obtener beneficios económicos, por ejemplo en productos lácteos, productos cárnicos, jarabes de azúcar y productos de confitería, productos fermentados, alimentos congelados, aceites y grasas, miel y bebidas alcohólicas (Üçüncüoğlu et al., 2013). La leche es un ejemplo típico, por lo tanto, desde un punto de vista económico, la modificación de la composición de la leche y la sustitución de parte de ella con otros ingredientes lácteos o no lácteos podría ser una práctica atractiva (Aquino et al., 2014). Un producto derivado de la leche son los quesos, que por factores económicos, culturales o religiosos llegan a ser adulterados con algunas sustancias (Stănciuc & Râpeanu, 2016).

Los consumidores buscan confiar en los ingredientes utilizados durante la elaboración de los alimentos y la información proporcionada por los productores en función de sus productos. Por lo tanto, las inspecciones alimentarias son imprescindibles para comprobar la autenticidad aparente, para reforzar la confianza del consumidor y para protegerse de fraudes perjudiciales (Charlebois et al., 2016)

Hoy en día, diversas leyes internacionales antifraude alimentario se están desarrollando en el Parlamento Europeo, Reino Unido, Estados Unidos, Corea del Sur, y China (Espinoza et al., 2015). En el caso de las prácticas fraudulentas en la industria láctea, se requieren métodos de control adecuados para evaluar la autenticidad de los productos (Santos et al., 2013).

Actualmente existen métodos instrumentales de análisis utilizados para la detección de alimentos adulterados, tales como la cromatografía de gases y espectroscopía de fluorescencia, los cuales han sido muy utilizados a nivel industrial y empleados en distintas normas internacionales, sin embargo, tienen la desventaja de que el análisis requiere de mucho tiempo, lo que resulta en una pérdida de tiempo, especialmente para un gran número de muestras.

Por lo tanto, el interés sobre la investigación de la adulteración de quesos frescos se debió a que los problemas de fraude en alimentos siguen arriesgando al consumidor, por lo que se deben llevar a cabo más investigaciones que permitan garantizar a los consumidores que los productores en función de sus productos.

Sobre este contexto el objetivo de esta investigación fue evaluar el método de calorimetría de barrido diferencial como herramienta para la detección de adulteración de quesos frescos con grasa vegetal. Analizando además, el efecto de la adición de grasa vegetal en diferentes concentraciones, sobre la composición, características de textura, color, perfil sensorial, perfil lipídico y perfil térmico de los quesos frescos.

II. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LECHE

La leche desde un punto de vista biológico, es la secreción de las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, cuya misión es satisfacer los requerimientos nutricionales del recién nacido. Desde un punto de vista legal, se entiende por leche de vaca aquel producto integro, no alterado ni adulterado y sin calostro del ordeño. La leche de otras especies de mamíferos se designan indicando el nombre de la especie, por ejemplo: leche de cabra.

La leche cruda recién ordeñada es un producto perecedero, con cierta carga bacteriana, que necesita ser procesado, tanto para garantizar la calidad higiénica-sanitaria, como para prolongar la vida útil del producto. Estos tratamientos consisten en someter a la leche a combinaciones adecuadas de tiempo y temperatura que no alteren sensiblemente su calidad sensorial y nutricional (Hernández, 2010).

2.1.1 COMPOSICIÓN DE LA LECHE

La leche es un alimento completo que contiene numerosos componentes con un alto valor nutritivo. Está constituida de humedad con un contenido de 87.5%, grasa 4%, proteínas 3.5%, lactosa 4.7%, ceniza 0.7-0.9%, Calcio 1.3-1.8%, Fósforo 1.0-2.3% (Ramírez-López et al., 2012).

A la materia grasa de la leche se le da también el nombre de grasa butírica. Su naturaleza, función y comportamiento durante la elaboración y conservación de los productos lácteos son de suma importancia. Ponderalmente los componentes más importantes en la grasa butírica son:

- Triacilglicéridos 97 a 98% en peso
- Fosfolípidos 0.2 a 1.0% en peso
- Di y monoglicéridos 0.26 a 0.52% en peso

Los triacilglicéridos son los principales constituyentes de la grasa de la leche, lo que representa el 97-98% del total de lípidos (Vieitez et al., 2016). Según Walstra (2006) la composición de ácidos grasos y triacilglicéridos en grasas de leche de rumiantes, siendo los principales es la especie, raza y alimentación. Algunos ácidos grasos presentes en la grasa de leche de rumiantes no se encuentran en la grasa de leche de otros mamíferos terrestres o marinos. Por ejemplo, el contenido de ácidos grasos de cadena corta y media (de 4:0 a 14:0), poliinsaturados y grasas *trans* difieren considerablemente (Park et al., 2007).

La grasa butírica es extremadamente compleja, entre otras razones por la amplia gama de ácidos grasos que pueden constituirla. La concentración de ácidos grasos saturados e insaturados influyen a las propiedades térmicas (punto de fusión y cristalización), sus características sensoriales y su tendencia a la oxidación (Villegas de Gante, 2004).

Debido a la gran importancia de la leche como elemento nutricional, las autoridades deben ser exigentes en lo que respecta a su obtención, composición, pruebas de calidad y procesamiento industrial. Además, su calidad es de vital interés para la salud pública obligando a una constante atención y control a nivel de planta (Briñez et al., 2008)

2.1.2 PRODUCCIÓN NACIONAL Y ESTATAL

En México la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones.

Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la disponibilidad de la leche nacional su crecimiento.

Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), durante el 2016 la producción nacional de leche de bovino ha tenido

un crecimiento anual de 1.9% (SIAP, 2016). En tabla 1 se aprecia la producción anual en México de leche bovina a partir del 2005.

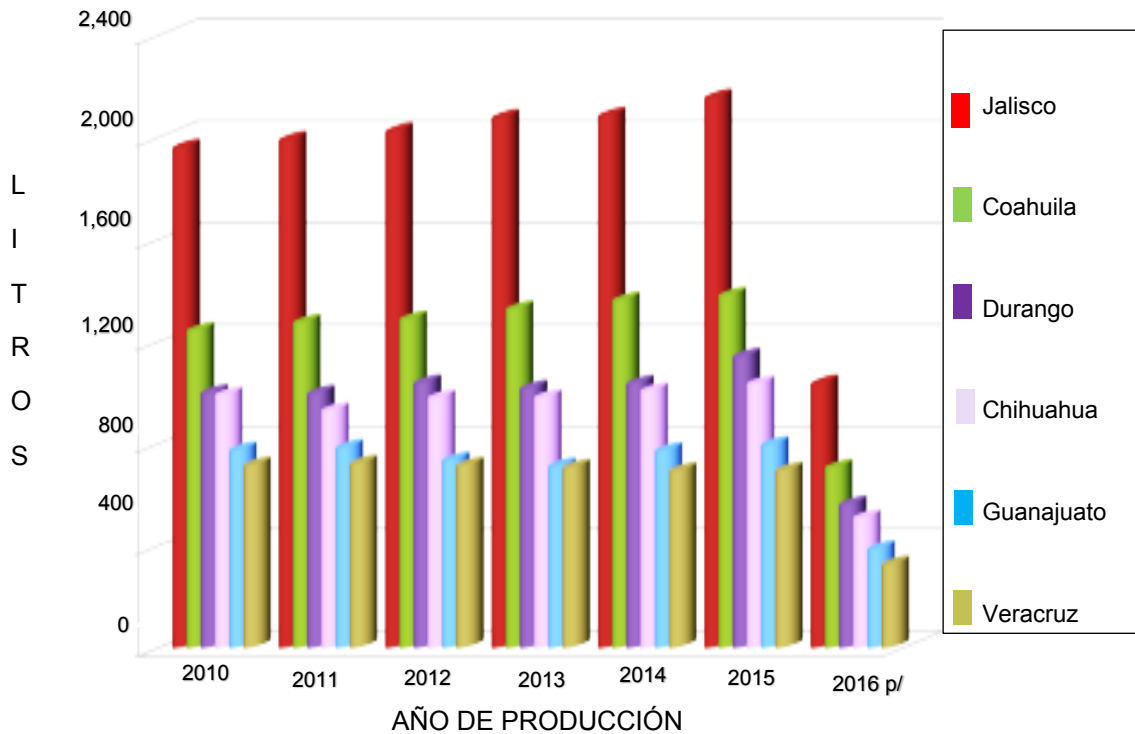
Tabla 1. Producción nacional de leche bovina 2005-2015.

Año	Producción (Miles de litros)	Crecimiento anual (%)
2016	11,607,493	1.9
2015	11,394,663	2.4
2014	11,129,622	1.5
2013	10,965,632	0.8
2012	10,880,870	1.5
2011	10,724,288	0.4
2010	10,676,692	1.2
2009	10,549,037	0.4
2008	10,589,481	2.4
2007	10,345,982	2.6
2006	10,088,550	2.2
2005	9,868,302	0.0

SIAP (2016).

Como se observa en la figura 1 en México la producción lechera durante el periodo de 2010 a 2016 se concentró principalmente en seis Estados del país, los que contribuyeron conjuntamente en la producción nacional en este período (destacándose Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato y Veracruz). Cabe señalar, que los estados de Coahuila y Durango se encuentran ubicados en la Región Lagunera, que es una de las regiones más importantes de producción lechera del país. A nivel estatal Oaxaca durante el 2015 produjo 146,197 litros de leche al año (SIAP-SAGARPA, 2016).

En México los productos lácteos como son los quesos y los yogurts, así como las leches industrializadas: pasteurizada, ultrapasteurizada y en polvo, ocupan los primeros lugares de comercialización.



^{P/} cifras preliminares acumuladas al mes de junio 2016

Figura 1. Principales estados productores de leche bovina 2010-2016 (Millones de litros). SIAP(2016).

En la figura 2 se observa un diagrama de bloques con las principales etapas de transformación de la leche en derivados lácteos y su distribución en tiendas de autoservicio, minisúper y tiendas de abarrotes hasta llegar por ultimo a los consumidores.

2.2 QUESOS

2.2.1 GENERALIDADES DEL QUESO

De acuerdo con Walstra (2006), desde un punto fisicoquímico el queso se define como un sistema gel tridimensional, formado básicamente por la caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, el cual por coagulación, engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúmina, globulinas, minerales, vitaminas y otras

sustancias menores de la leche, las cuales permanecen adsorbidas en la fase acuosa.

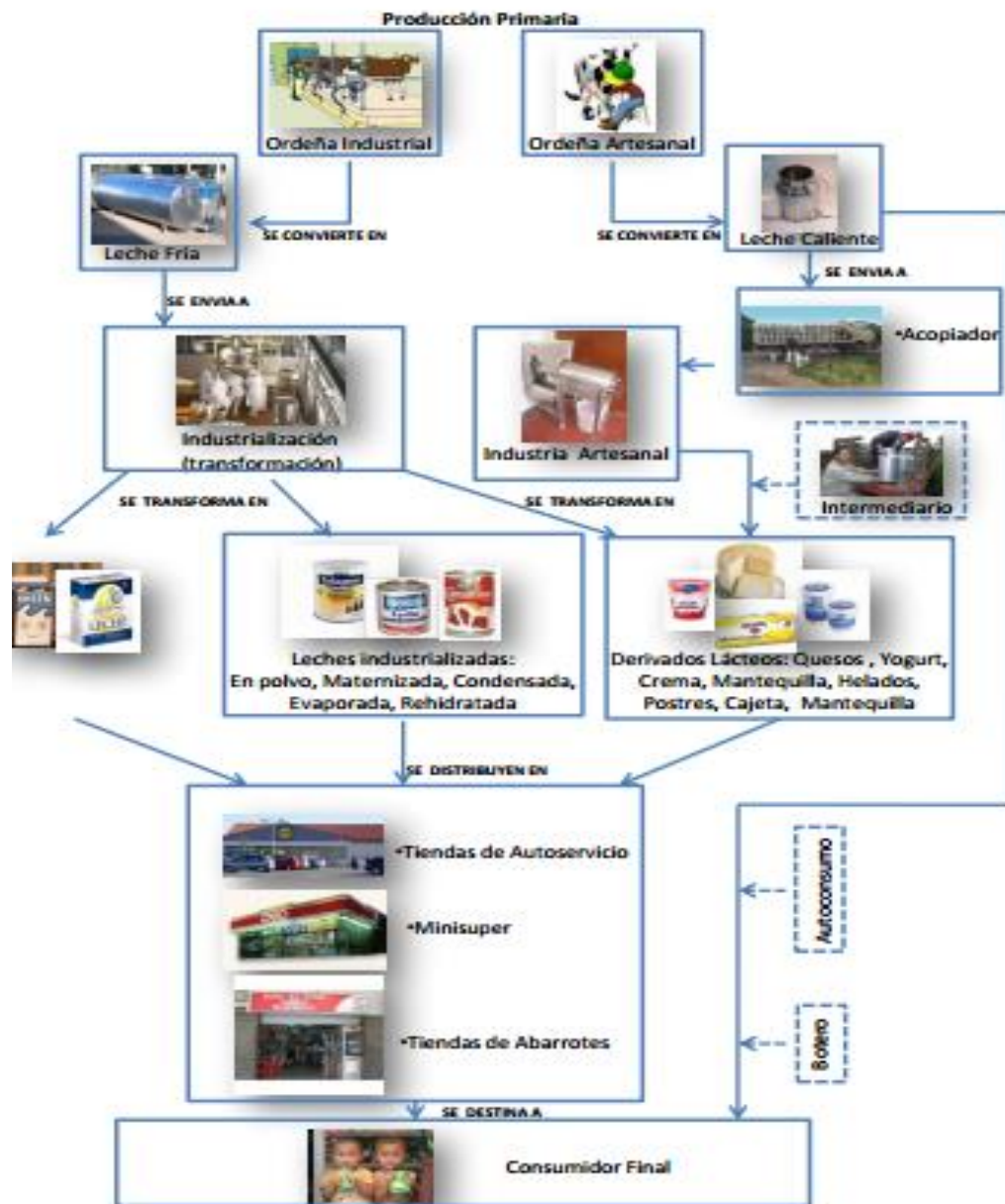


Figura 2. Diagrama del proceso de transformación y distribución de la leche. Secretaría de Economía (2015).

La Norma Oficial Mexicana NOM-121-SAA1-1994, “define al queso como un producto elaborado con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la

coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenado, prensado o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales dando lugar a las diferentes variedades de queso pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado”.

La Norma Oficial Mexicana (NOM-243-SSA1-2010), “define al queso fresco: como aquel producto que además de cumplir con la descripción general de queso se caracterizan por su alto contenido de humedad y por no tener una corteza, pudiendo o no adicionarles aditivos e ingredientes opcionales”.

La NMX-F-713-COFOCALEC-2014, establece que este producto requiere refrigeración para su conservación y se consume preferentemente en los primeros 20 días a partir de su fecha de elaboración.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DEL QUESO

La clasificación de los tipos de quesos de acuerdo a la NOM-243-SSA1-2010, se muestran en la Tabla 2.

2.2.3 PRODUCCIÓN MUNDIAL, NACIONAL Y ESTATAL DE QUESOS.

La producción de quesos a nivel mundial desde el 2013 hasta el 2016, presentó un aumento de 824 miles de toneladas en total, alcanzando una producción de 18,721 miles de toneladas en el 2016, de las cuales Norteamérica produjo 6,062 miles de toneladas. La producción quesera estimada para el 2016 en México es de 287 miles de toneladas, lo que representa un 4.73% de la producción total de Norteamérica, como se muestra en la Tabla 3.

De la producción de las variedades de quesos que existen en México, durante el periodo Enero-Mayo del 2016, se obtuvo un estimado de ganancias de 4,688,053 miles de pesos, siendo el queso chihuahua el primer lugar, segundo lugar queso panela y tercer lugar queso fresco (SIAP-SAGARPA, 2016)

Tabla 2. Clasificación de los quesos.

Clasificación de quesos	Tipos de quesos
<p>Quesos Frescos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frescales • Pasta cocida • Acidificados • De suero 	<p>Panela, canasto, sierra, ranchero, fresco, blanco, enchilado y adobado.</p> <p>Oaxaca, asadero, mozzarella, del morral y adobera.</p> <p>Cottage, Crema, Doble crema, Petitsuisse y Nuefchatel.</p> <p>Broccio, Broccotle, Cerrase, Geitmysost, Gyetost, Mejetle, Mysost, Recuit, Requesón, Ricotta, Picotón, Schottenezinger y Zinder.</p>
<p>Quesos Madurados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Madurados prensados pasta dura de • Madurados prensados • Maduración con mohos 	<p>Roquefort, Cotija, Reggianito y Pecorino Romano.</p> <p>Cheddar, Chester, Chihuahua, Manchego, Brick, Edam, Gouda, Gruyere, Emmental, Cheshire, Holandés, Amsterdam, Butterkase, Coulomiers, Dambo, Erom, Friese, Fynbo, Havarti, Harzer-Kase, Herrgardsost, Huskallsost, Leidse, Maribo, Norvergia, Provolone, Port Salut, Romadur, Saint Paulin, Samsøe, Svecia, Tilsiter, Bola y Jack.</p> <p>Azul, Cabrales, Camembert, Roquefort, Danablu, Limburgo y Brie.</p>
<p>Procesados</p>	<p>Añejo, Permesano, Asadero, Oaxaca, Mozzarella y Adobera.</p>
<p>Fundidos</p>	<p>Doble crema, Crema, Cottage y Peti-Suisse.</p>

NOM-243-SSA1-2010

Tabla 3. Producción de quesos en países seleccionados 2013-2016 (Miles de toneladas).

País	2013	2014	2015 ^{p/}	2016 ^{e/}
Total	17,897	18,306	18,607	18,721
Norteamérica				
Canadá	388	396	400	400
Estados Unidos	5,036	5,194	5,299	5,375
México	270	275	282	287
Subtotal	5,694	5,865	5,981	6,062
América del Sur	1,278	1,300	1,321	1,346
Unión europea 1/	9,368	9,560	9,610	9,635
Europa del este	853	864	950	960
Asia	73	72	68	68
Oceanía	631	645	677	650

^{p/} Datos preliminares.

^{e/} Datos estimados.

^{1/} Incluye la información de los 28 países miembros.

SIAP-SAGARPA (2016).

Estos datos estadísticos proporcionados por SIAP en base a los datos obtenidos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), INEGI, 2016, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Producción nacional de quesos 2013-2016.

Año/Mes	QUESO (Miles de pesos)				
	Chihuahua	Fresco	Manchego	Oaxaca	Panela
2016^{P/}	1,060,117	1,003,614	990,640	613,836	1,019,846
Ene	207,990	184,546	203,072	119,605	201,924
Feb	214,411	193,282	188,779	117,639	189,826
Mar	210,374	204,825	214,746	123,014	213,386
Abr	230,788	210,999	176,346	119,312	207,597
May	196,554	209,962	207,697	134,266	207,113
2015^{1/}	2,340,810	2,401,262	2,295,638	1,418,452	2,625,975
2014	2,432,474	2,515,598	2,053,572	1,451,816	2,814,116
2013	2,159,539	2,264,017	2,046,622	1,358,159	2,711,086

^{P/} Cifras revisadas y actualizadas de Enero-Julio 2015 pero que aún permanecen con carácter de preliminares, y con cifras preliminares a partir de agosto

^{1/} Cifras definitivas.

SIAP-SAGARPA (2016).

De acuerdo con SAGARPA, (2015) en México el 16% de la producción quesera anual correspondió al queso fresco. Esta distribución porcentual de la producción nacional quesera se observa en la Figura 3.

2.2.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO

El queso empezó a elaborarse en la época postcolonial. Pronto se desarrollaron zonas de fuerte actividad ganadera como los Altos de Jalisco, que desde años ha

sido una de las principales zonas productoras de queso, actualmente (Villegas, 2004).

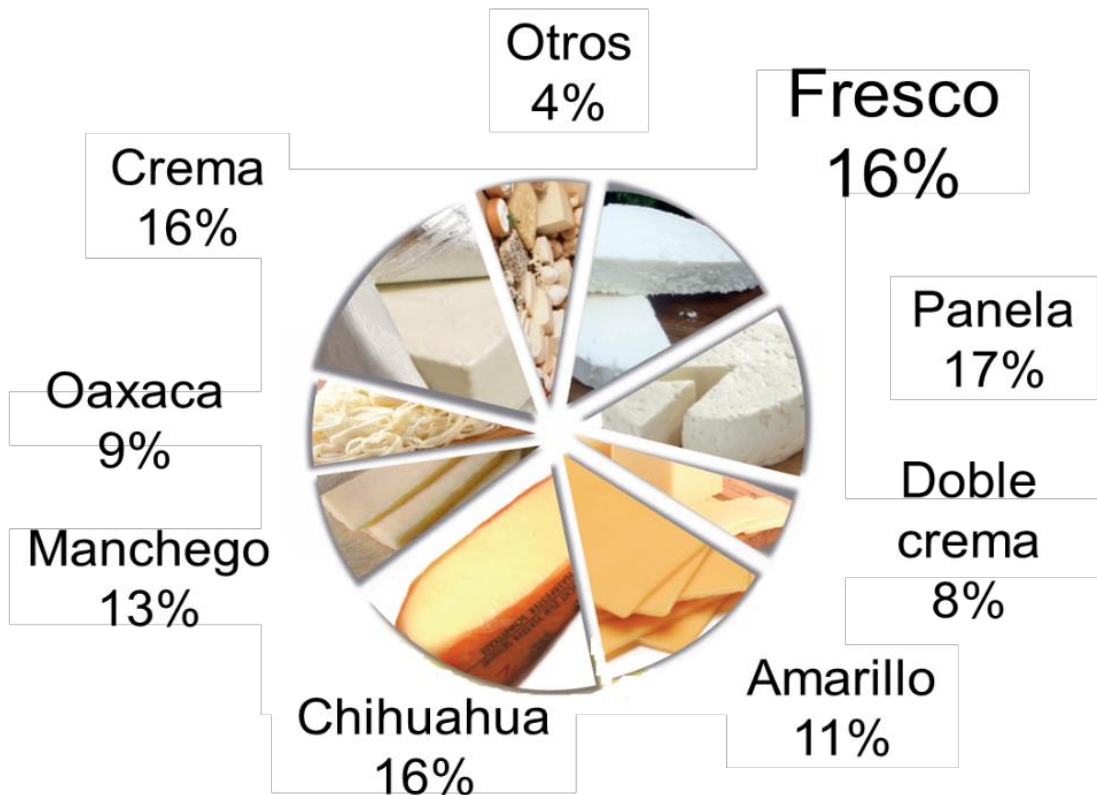


Figura 3. Producción nacional de distintos tipos de quesos 2015. SIAP-SAGARPA (2015).

La agroindustria de quesos en México está constituida principalmente por innumerables micro y pequeñas empresas; en la mayoría de ellas se realizan los procesos de manera artesanal caracterizándose por emplear en su elaboración leche cruda sin pasteurizar (Perdomo, 2010).

El proceso de elaboración del queso es bastante simple. Sin embargo, involucra fenómenos físicos y químicos muy complejos. Se trata esencialmente de un proceso de concentración, a partir de la coagulación de la proteína mayoritaria de la leche (caseína) por la acción enzimática (cuajo) u otro coagulante de tipo ácido (usualmente el ácido láctico).

La etapa importante durante el proceso de elaboración de los quesos, es la coagulación de la caseína, que es inducida por la acción combinada de enzimas proteolíticas y calcio. El proceso de la formación del coágulo incluye 2 etapas. En la primera etapa, se desarrolla un proceso enzimático modulado por la quimosina, la cual rompe los enlaces entre los aminoácidos fenilalanina y metionina presentes en la K-caseína, liberándose el glucomacropéptido en la solución. En la segunda etapa, los agregados de para-K-caseína producen el coágulo. Hasta la etapa de coagulación.

Una vez que la leche se ha coagulado, se debe proceder al cortado del coágulo (cortes verticales y horizontales) en pequeños cubos, para favorecer la eliminación del suero. Posteriormente se realiza el moldeado, el cual tiene la finalidad de dar forma al queso y ayudar a que los gránulos de la cuajada se aglomeren. El salado, además de dar sabor al queso, evita la proliferación de microorganismos y contribuye a la formación de la corteza del queso (Ramírez-López et al., 2012).

2.3 CALIDAD DEL QUESO

2.3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA.

La composición de un queso determina las características de textura del mismo, aspecto que junto con el color y el sabor son variables importantes de consideración inmediata por parte de los consumidores como criterios de decisión de compra utilizados al establecer la calidad de un queso (Pinho et al., 2004).

El queso comparte casi las mismas propiedades nutricionales que la leche; a excepción de la lactosa, los otros componentes se encuentran más concentrados (Ramírez-López et al., 2012), como se muestra en la Tabla 5.

Los quesos como el queso fresco y queso panela, tienen un alto contenido de humedad, pH de 5.3 a 6.5 sometidos a pocas o ningún proceso de maduración, y por consecuencia su vida de útil es de 2 a 3 semanas con alta susceptibilidad a la contaminación microbiana y el crecimiento (Jiménez-Maroto et al., 2016).

Tabla 5. Composición química de la leche de vaca con respecto al queso fresco.

Composición química	Leche entera de vaca	Quesos frescos
Humedad (%)	87.5	46-57
Grasa (%)	4.0	18-29
Proteínas (%)	3.5	17-21
Ceniza (%)	0.7-0.9	-
Lactosa (%)	4.7	-
Sal	-	1.0-3.0
pH	6.7	6.1

Ramírez-López et al. (2012).

El contenido de grasa se controla generalmente mediante la estandarización del contenido de grasa en leche. La composición del queso determina en gran medida sus propiedades, por lo tanto, el tipo y la calidad (González, 2010).

2.3.2 TEXTURA

La textura de un producto involucra “atributos reológicos y estructurales (geométricos y de superficie), mediante aspectos mecánicos, táctiles, visuales y auditivos”. La textura es un indicador de la calidad del alimento para el consumidor, esta se mide de manera segmentada en el tiempo de prueba: mordida inicial vs masticación vs residual (Domínguez, 2007).

Hleap y Velasco (2010) refieren que la textura es uno de los atributos primarios que junto con el color, sabor y olor conforman la calidad sensorial de los alimentos. Es la característica de calidad más apreciada por el consumidor y sus propiedades

relacionadas se caracterizan por ser difíciles de definir ya que son características subjetivas.

Para determinar la textura de un queso se utilizan técnicas de compresión uniaxial a velocidad constante (Ramírez-López et al., 2012). Otras pruebas utilizadas son el método de Warner-Bratzler (WB) y Szesiniak ha establecido el método de análisis de perfil de textura (TPA por sus siglas en inglés) para medir objetivamente este parámetro, el cual imita el proceso de masticación (Hleap y Velasco, 2010).

El TPA consiste en una prueba de doble compresión en las cuales se someten muestras del producto a una compresión 80 a 90% de su altura inicial. Tobón et al. (2002) cita los siguientes parámetros texturales obtenidos con el TPA: fractura, dureza, cohesión, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Ramírez-López et al., 2012). En la Figura 4 se muestra un gráfico general del análisis de perfil de textura.

- Dureza: fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar. Se expresa en unidades de fuerza, N o (kg m s^{-2}).
- Cohesividad: cociente entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (Área 2) y el área bajo la curva de la primera compresión (Área 1). Representa la fuerza con la que están unidas las partículas, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse. Es adimensional.
- Adhesividad: siguiendo el primer ciclo de compresión se elimina la fuerza cuando la cruceta se mueve a su posición original. Si el material es pegajoso o adhesivo, la fuerza se convierte en negativa. El área de esta fuerza negativa (Área 3), se toma como una medida de la adhesividad de la muestra. Representa el trabajo necesario para despegar el plato de compresión de la muestra o el trabajo necesario para despegar el alimento de una superficie (paladar). Se mide en ($\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$).

- Gomosidad: energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado. Producto de la dureza por la cohesividad. Se expresa en (kg m s^2) (Hleap y Velasco, 2010).

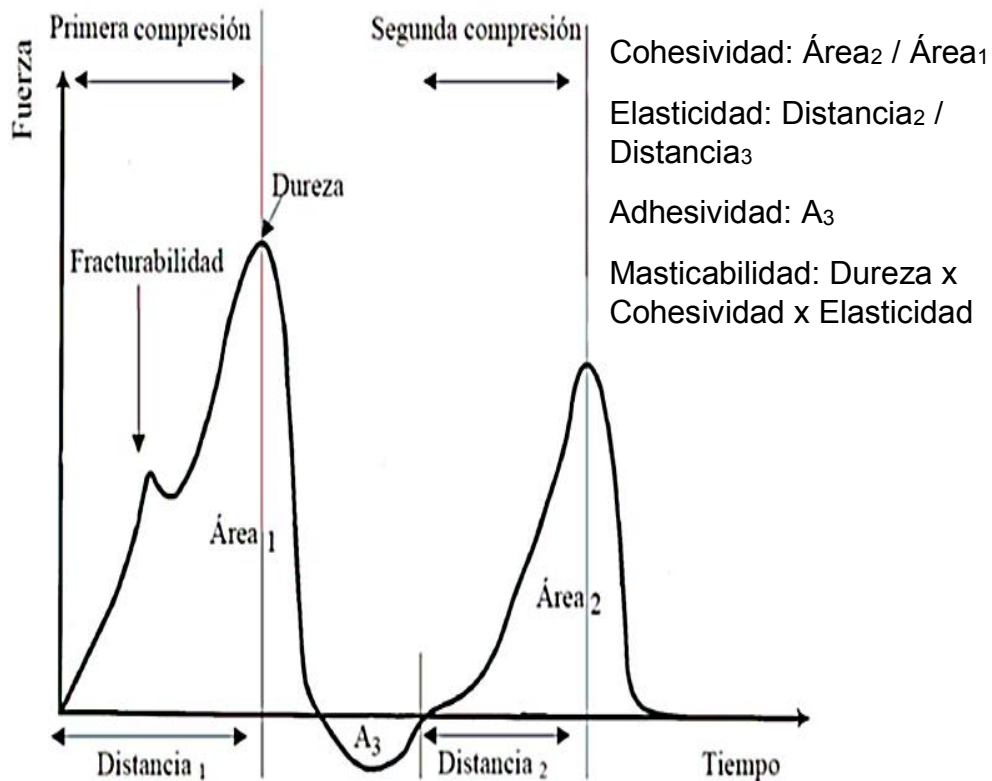


Figura 4. Gráfica general del análisis del perfil de textura. Hleap y Velasco (2010).

Sin lugar a duda para el consumidor la textura juega un papel importante al momento de inferir en la calidad de un alimento. Particularmente en el queso, la textura es uno de los atributos más importantes que ayuda a determinar la identidad del mismo (Ramírez-López et al., 2012).

Para evaluar un alimento como original es importante conocer la textura que logra la aceptación de los consumidores al momento de comprar el producto. Por lo que anteriormente se han realizado investigaciones bibliográficas que demuestran cómo influye la composición de un alimento en su textura. Bachmann (2001) encontró en una revisión de literatura científica que la composición de los quesos análogos

determina en gran medida su textura. Fernández-Alvares (2013) mostró que las diferencias encontradas en la textura de los quesos análogos pueden estar relacionadas con la forma en que la grasa y las proteínas se distribuyen. La humedad en la red de proteínas actuó como un plastificante, haciéndola más elástica y menos fragmentada. Un mayor contenido de grasa resulta en quesos más suaves, menos elásticos, más cohesivos y adhesivos. El aumento de la cantidad de ácido cítrico o cloruro de sodio causó una disminución significativa en la cohesividad y elasticidad y un aumento en la firmeza. Bachmann (2001) notó que aumentó la elasticidad y dureza con el aumento en el contenido de grasa.

2.3.3 COLOR

La evaluación del color es un criterio muy variable que depende de numerosos factores, por lo cual es posible el uso de sistemas instrumentales que permitan obtener mediciones objetivas y estandarizadas (Pinho et al., 2004).

Para evaluar el color de una manera más objetiva se crearon sistemas de medición para cuantificarlo y expresarlo numéricamente, cuyo principio está basado en la cantidad de luz reflejada por el objeto. La organización internacional de luz y color CIE (Commission Internationale de L' Eclairage) desarrolló dos importantes sistemas de medición de color basados en la medición de la reflectancia espectral de la muestra (Paz et al., 2013). Para este efecto se emplea un colorímetro que mide la luz reflejada por el alimento por medio de un foto detector, codificando esta señal en términos de algún sistema de medición lumínico de espacio polar como es el caso de la Escala de CIE (HunterLab 2008). El CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB) es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Los tres parámetros L^* , a^* y b^* , en el modelo representan: Luminosidad de color, L^* ($L^*=100$ y $L^*=0$ indica luminosidad blanca y negra, respectivamente). Posición entre rojo y verde, a^* (valores negativos indican verde mientras que valores positivos indican rojo). Posición entre amarillo y azul, b^* (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo) (Paz et al., 2013).

Este parámetro, que además de desempeñar un papel importante en la evaluación externa de la calidad del producto, es utilizado para identificar, clasificar, evaluar y detectar defectos en frutas, verdura, carne, pescado, productos lácteos, productos de panadería, y productos preparados, como chips de papas fritas entre otros.

Por lo que se ha encontrado que el color del queso depende de los mismos factores que determinan su composición (Kesenkaş et al., 2009).

2.3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial se define como una disciplina empleada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones provocadas por aquellas características de los alimentos y materiales que se perciben a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ramírez-Rivera, 2009).

El análisis sensorial se basa en la información obtenida de impresiones sensoriales que en general son difíciles de cuantificar. Por ello es necesaria la construcción de escalas que permitan mediciones lo más aproximadas a las reacciones de panelistas o consumidores ante un determinado estímulo producido por un producto (Martínez, 1999).

Actualmente existen varios métodos para describir las características sensoriales de un producto; sin embargo, el análisis descriptivo cuantitativo (QDA por su siglas en inglés) es la técnica ideal y frecuentemente usada para la caracterización sensorial de los alimentos, la cual es realizada mediante jueces entrenados; sin embargo, dicha metodología sensorial tiene como desventaja el tiempo de entrenamiento de los jueces sensoriales, que a su vez se traduce en una inversión excesiva de dinero. Por otro lado, el ámbito sensorial cuenta con una segunda vertiente que está íntimamente relacionada con el análisis hedónico y que al tener una conexión con la parte descriptiva, se convierte en una poderosa herramienta para el diseño, formulación y optimización de nuevos productos, a esta herramienta se le conoce como el mapa de preferencias y es de gran importancia para poder entender la preferencia o rechazo de los consumidores en base al análisis

descriptivo sensorial efectuado por jueces entrenados; es importante mencionar que las investigaciones de mercado que efectúan las diferentes empresas en alimentos requieren de información rápida sobre sus productos. Sin embargo, no siempre cuentan con la posibilidad económica y de infraestructura para entrenar un panel; es por ello que el uso de la percepción de los consumidores para la evaluación de características sensoriales puede ser una alternativa rápida para su posterior construcción de mapas de preferencias (López-Velázquez et al., 2012).

Conocer las preferencias de los consumidores a nivel sensorial requiere del uso de técnicas sensométricas como el mapa de preferencia externo para lo cual se requiere del vocabulario o perfil sensorial generado por un panel entrenado mediante técnicas clásicas como el análisis descriptivo cuantitativo y/o Spectrum. Sin embargo, las técnicas clásicas requieren de tiempos prolongados de entrenamiento, disponibilidad de los jueces y eliminación de características sensoriales.

Por lo anterior, se han desarrollado técnicas descriptivas que permiten hacer uso de la percepción de los consumidores, ya que en diversos estudios se han evidenciado las similitudes de percepción entre consumidores y jueces entrenados. En este sentido, estas técnicas permiten obtener un punto de vista global acerca de las características sensoriales de un producto mediante la participación de los consumidores (Rodríguez-Miranda et al., 2014).

La textura de un queso es un atributo sensorial que resulta de la combinación de propiedades físicas que son percibidas por los sentidos de la vista, el tacto y hasta el oído. A pesar de que esta experiencia sensorial no puede ser completamente duplicada por ningún procedimiento instrumental, estos últimos son considerablemente menos costosos y consumen menos tiempo que las pruebas sensoriales, siendo fidedignamente correlacionables con atributos sensoriales críticos que permiten estimar la aceptabilidad por parte del consumidor (Villalobos y Castro, 2009).

2.4. ADULTERACIÓN

La comida se considera una necesidad básica de la vida. Sinónimos como aditivo y la sustitución de ingredientes ayuda a definir la palabra adulteración. La adulteración de los alimentos se puede definir como su reducción en cuanto a su calidad producida mediante la sustitución intencional o no de alimentos con alguna partícula extraña o por la eliminación de algún ingrediente al ser sustituido por otro componente. Las Normas de la India (FSSAI) en cuanto a la Seguridad de los Alimentos definen "adulterante" como cualquier material que es o podría ser empleado para hacer la comida insegura o de baja calidad o que contengan materias extrañas". De acuerdo con Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (FFDCA), el derecho primario de la inocuidad de los alimentos administrado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés), la comida puede ser declarada adulterado si se añade una sustancia que es perjudicial para la salud.

- Sustancias económicas o de calidad inferior que es añadida a los alimentos.
- La calidad de la comida está por debajo de sus estándares de calidad.
- Cualquier sustancia añadida con la finalidad de aumentar su volumen o peso.
- Para que su apariencia sea más valiosa (Bansal et al., 2015).

La adulteración es el tipo más común de fraude alimentario. Aunque el fraude o adulteración de alimentos se realiza por motivos económicos con la finalidad de obtener una ganancia financiera como objetivo principal, la adulteración puede traer consecuencias graves para la salud pública cuando el adulterante es tóxico o alergénico. El fraude en los alimentos es un problema desmedido y progresivo, impulsado por la globalización, circunstancias económicas (Pustjens et al., 2015).

Otra definición de fraude es la que propone Levi y Burrows (2008) quienes definen el fraude como un mecanismo mediante el cual el defraudador registra una ventaja ilícita o causan una pérdida no forzada.

2.4.1 TIPOS DE ADULTERACIÓN

Existen dos tipos de adulteraciones, la intencional que es la inclusión de sustancias que presentan propiedades similares a los alimentos en los que se añaden. Por tanto, son difíciles de detectar. La sustancia adulterante puede ser física o biológica. Algunos ejemplos de adulteración intencional incluyen la adición de agua a la leche líquida.

Mientras que la adulteración involuntaria es la inclusión de sustancias no deseadas debido a la ignorancia, descuido o falta de instalaciones adecuadas y la higiene durante el procesamiento de los alimentos. Esto puede ser producido por la contaminación de los alimentos debido a bacterias u hongos, otra razón es el deterioro de los alimentos a causa de los roedores, la entrada de polvo y piedras. En la India, el reglamento utilizado para la prevención de los alimentos adulterados desde 1955 (ahora cubiertos por la FSSAI) ha descubierto contaminantes categorizados por otro tipo de adulterante no intencional, que se agrega a los alimentos durante el proceso de su producción, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de alimentos que son consecuencia de la contaminación del medio ambiente (Bansal et al., 2015).

2.4.2 ADULTERACIÓN EN PRODUCTOS LÁCTEOS

La leche y productos lácteos son alimentos esenciales para la alimentación humana, sus consumos se consideran importantes para algunos grupos de consumidores, incluyendo niños, mujeres embarazadas y personas de edad avanzada debido a sus altos valores nutricionales. De hecho, la leche es uno de los alimentos principales que podrían ser adulterados. El porcentaje de adulteración de la leche en el mundo varía según el país. Por ejemplo, en la India, más del 60% de la leche es adulterada con pintura, detergente, mientras que en Brasil es el 10% (Kamal y Karoui, 2015).

El proceso de adulteración de la leche y productos lácteos ha alcanzado una etapa alarmante en los últimos años. En general, el fraude en leche y productos lácteos

tiene como objetivo aumentar el volumen producido y distribuido en el mercado comercial mediante la adición de varios adulterantes, incluyendo el agua como el más común. Estos fraudes y alteraciones por motivos económicos están produciendo riesgos, debido a que a adición de ingredientes de bajo costo crea no sólo un problema económico, sino también riesgos para la salud de los consumidores (Santos et al., 2013).

Por consiguiente la Norma Oficial Mexicana (NOM-155-SCFI-2012) establece que existe adulteración cuando la naturaleza o composición de la leche no corresponde a aquellas con las que se denomine, etiquete, anuncie, suministre o cuando no corresponde a las especificaciones establecidas en este proyecto de norma oficial mexicana, o cuando la leche, haya sido objeto de tratamiento que disimule su alteración o encubra defectos en su proceso o en la calidad sanitaria de las materias primas utilizadas.

Se habla de adulteración en la leche al acto de degradar intencionadamente su calidad, ya sea por mezcla (agua, almidón, sal, azúcar, gelatina, maltodextrina, sacarina, colorantes, melamina e hidróxido de sodio) o sustitución (aceite vegetal) o por eliminación de algunos ingredientes. Por ejemplo la sal o azúcar para enmascarar el exceso de agua o de alto contenido en sólidos, suero de leche, peróxido de hidrógeno, entre otros. Este tipo de adición altera la composición y reduce el valor nutricional de la leche (Santos et al., 2013).

La adulteración de la leche con agua reduce el rendimiento industrial, aumenta los riesgos de contaminación microbiana, y causa pérdidas económicas significativas a la industria. Cuando se añade agua a la leche, aumenta su punto de congelación; por lo tanto, la determinación del punto de congelación de la leche es el método más importante para detectar la presencia de agua añadida.

El método oficial de la Asociación de Comunidades Analíticas (AOAC) asume un punto de congelación de la leche normal en $-0.550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este es un método muy sensible, y un 3% de agua añadida puede ser detectada por este método. Sin

embargo, la cuantificación de agua añadida depende también de la determinación de sólidos no grasos de leche.

En los seres humanos, el consumo de leche adulterada con agua contaminada puede causar trastornos gastrointestinales en las personas de la tercera edad, riesgos graves de salud en bebés y niños cuya dieta básica es la leche.

Otro tipo de adulteración es con aceites vegetales. Se ha encontrado en la literatura que debido al aumento de los precios y el aumento en la demanda, la grasa láctea ha sido un objetivo de las prácticas fraudulentas, por ejemplo como la sustitución de grasas no láctea económicas. Los aceites vegetales se utilizan comúnmente para este propósito de fraudes.

La presencia de aceites vegetales en leche de vaca o en mezcla de leches , puede ser detectada fácilmente por numerosos métodos. Mediante la medición analítica, tales como el índice de yodo, índice de refracción, índice Reichert-Meissl, y valor Polenske, puede detectar la adulteración de aceites vegetales en leche. Además, la grasa de leche butírica se caracteriza por contener ácido butírico, ácido cáprico, y ácido caprílico, mientras que la mayoría de los aceites vegetales no contienen estos tipos ácidos grasos (Singh y Gandhi 2015).

2.4.3 ADULTERACIÓN EN QUESOS

Los quesos análogos son productos similares al queso en el que la grasa de leche, proteína de leche o ambos están parcial o totalmente sustituidos por componentes no lácteos (Guinee et al., 2004). El mercado de los análogos ha crecido recientemente debido a la simplicidad en la producción de ellos y la sustitución de ingredientes lácteos por los vegetales más baratos, factores que permiten una reducción de los costos de fabricación del producto (Bachmann, 2001).

La Norma Mexicana (NMX-F-713-COFOCALEC-2005) considera adulteración la adición de cualquier material extraño a lo especificado en esta Norma. El queso debe contener un mínimo de 10% de proteína, el contenido de grasa del queso debe

corresponder con la variedad y con lo declarado en la etiqueta, el contenido de humedad debe de ser máximo de un 80%.

La composición de ácidos grasos de la grasa láctea ha sido utilizada como criterios para detectar la adulteración con aceite vegetal, principalmente porque la grasa de la leche se caracteriza por contener ácidos grasos de cadena corta, mientras que los aceites vegetales contienen ácidos grasos de cadena media y ácidos grasos de cadena larga. Sin embargo, la composición de los ácidos grasos está influenciada por varios factores, como la nutrición y la genética (Ntakatsane, 2013).

Se ha utilizado aceite vegetal hidrogenado, tal como soya, cacahuete, almendra de palma, semilla de algodón, de coco o de maíz. El uso de grasas vegetales puede dar al queso una consistencia más adecuada. El aceite de soya tiene la característica de otorgar dureza y adhesividad a los queso análogos, pero disminuye su cohesividad y elasticidad, mientras que el efecto opuesto se presentó debido a la utilización de aceite de soya y mantequilla. Quesos análogos elaborados con diferentes proporciones de ácido butírico y/o aceite de soya mostraron variaciones significativas en la textura. Cuando se utilizan mezclas de diferentes tipos de aceites, el comportamiento característico exhibido es en promedio la proporcionada por cada uno en su propia grasa. La formación de las pequeñas y numerosas gotitas de grasa se ha relacionado con sustitutos de queso más blandos (Bachmann, 2001). Ntakatsane (2012) considera que debido al aumento en demanda del consumo de quesos, la grasa de la leche ha sido objeto de prácticas fraudulentas.

Este tipo de fraudes alimenticios donde se adiciona o sustituye grasa butírica por grasa vegetal, están teniendo un gran impacto económico por lo que se ha observado que la adulteración de quesos con grasas vegetales es un tipo de fraude que afecta las características físicas y químicas de los materiales lipídicos originales.

2.5 MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA DETECCIÓN DE ADULTERACIÓN EN QUESOS

Se requieren análisis rápidos para detectar las muestras adulteradas. Dentro de esta área, se han propuesto numerosos métodos basados en llevar a cabo determinaciones cualitativas y cuantitativas en los laboratorios y cadenas de proceso (Verdú et al., 2016).

Por lo que la autenticidad de los alimentos también debe ser válido para mantener la calidad y posiblemente para evitar el fraude económico. Con el aumento de las tendencias de la adulteración de los alimentos, se necesitan métodos analíticos rápidos, confiables y competentes para hacer frente a los desafíos de autenticación y garantizar la calidad del producto. Una variedad de métodos físicos y químicos se han utilizado para la detección de la adulteración y la autenticidad de los alimentos y materias primas agrícolas.

Los métodos físicos suelen buscar parámetros tales como densidad, textura, color y solubilidad. Técnicas químicas como cromatografía y espectrometría de masas, se basan en las propiedades químicas de las muestras y han mostrado solidez en la identificación de componentes y detección de adulteración de productos alimenticios (Lohumi et al., 2015).

Actualmente existen una gran variedad de métodos analíticos instrumentales utilizados en la detección de adulteración en alimentos tales como: resonancia magnética nuclear, espectroscopía dieléctrica, cromatografía de gases, cromatografía líquida de alta resolución, espectrometría de masas, espectroscopia de fluorescencia, espectroscopía de infrarrojo cercano, espectroscopia de infrarrojo medio, calorimetría diferencial de barrido, etc. (Zhang et al., 2012).

2.5.1 MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

El análisis cromatográfico proporciona una separación rápida y confiable de compuestos químicamente similares en matrices alimentarias complejas. Sin embargo, las técnicas cromatográficas deben superar varios problemas inherentes

a las matrices de alimentos. Los sustratos de alimentos consisten en un gran número de compuestos incluyendo péptidos, lípidos, carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos, ácidos orgánicos, ácidos nucleicos, fitoquímicos, aditivos, tales como colorantes, aromas, conservantes y otros compuestos exógenos.

Estos compuestos son diversos, que van desde las pequeñas moléculas orgánicas (por lo general hasta 1000 Da) de macromoléculas (biopolímeros), que puede poseer una amplia gama de polaridades algunos son apolares (como aceites), mientras que otros son fuertemente polares (como amino ácidos).

Los métodos cromatográficos producen huellas que diferencian y autentican los alimentos. Debido a la complejidad química de los productos alimenticios y la alta demanda de los consumidores por la calidad y la autenticidad. Las técnicas cromatográficas de alta resolución, tales como gases o cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (MS por sus siglas en inglés), se han sugerido como herramientas útiles de autenticación de alimentos.

Las técnicas cromatográficas se pueden usar para la determinación de la adulteración mediante la comparación de los tiempos de retención y áreas de los picos de los ácidos grasos que han sido derivatizados en ésteres metílicos de ácidos grasos contra normas apropiadas (Üçüncüoğlu, 2013).

Ejemplos donde se utilizan técnicas cromatográficas para identificar la autenticidad de los alimentos incluyen adulteración de productos con ingredientes baratos o de baja calidad, como la miel, vinos, vegetales y aceites de oliva, licores, café, leche, quesos, azafrán, frutos secos y setas (Danezis et al., 2016)

2.5.1.1 Análisis por Cromatografía de Gases Aplicada a la Determinación de Perfil de Ácidos Grasos

EL análisis por cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés) es una tecnología robusta, sin embargo, los procedimientos para el análisis de GC de los perfiles de ácidos grasos de la leche son demoradas, especialmente para gran número de muestras tales como investigaciones fenotípicas (Reis et al., 2011).

Constituye una poderosa herramienta en este tipo de industria, dentro del análisis instrumental, con numerosas aplicaciones entre las que se encuentran: el análisis de pureza de disolventes; el seguimiento de metabolitos en fermentaciones; la cuantificación de uno o más componentes dentro de una mezcla, la cuantificación de residuales volátiles (Álvarez-González et al., 2014)

Se utiliza un gas acarreador que bajo presión mueve una muestra de vapor del puerto de inyección, los más comunes son: helio, hidrógeno, nitrógeno y argón. El tiempo de retención se mide del punto de inyección a la punta del pico, en centímetros, pulgadas o minutos, y constituye un inicio cualitativo de cada compuesto bajo las mismas condiciones de análisis. La técnica más utilizada para introducir la muestra es por medio de una jeringa graduada en microlitros a través de un septo de hule. La muestra debe introducirse en la columna en una inyección rápida para obtener picos definidos y una separación completa de los compuestos.

Después de pasar al puerto de inyección, la muestra entra en la columna donde se efectúa el proceso de separación y emergen de la columna al detector (Santos-Blanco, 2006).

Una de las desventajas de realizar un análisis por cromatografía de gases son los procedimientos para el análisis de perfiles de ácidos grasos de lácteos donde se requiere de mucho tiempo para su análisis, lo que resulta en tiempos prolongados para obtener resultados, especialmente para un gran número de muestras (Reis et al., 2011).

2.5.1.2 Análisis por Cromatografía Líquida de Alta Resolución Aplicada a la Determinación de Perfil de Ácidos Grasos.

La cromatografía líquida (HPLC por sus siglas en inglés), es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla.

Consiste en una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil. La fase estacionaria es sílica. La fase móvil actúa de portador de la muestra. La muestra en solución es inyectada en la fase móvil. Los componentes de la solución emigran de

acuerdo a las interacciones no-covalentes de los compuestos con la columna. Estas interacciones químicas, determinan la separación de los contenidos en la muestra. La utilización de los diferentes detectores dependerá de la naturaleza de los compuestos a determinar.

Los métodos cromatográficos tales como la cromatografía de líquidos de alta resolución y cromatografía de gas-líquido (GLC por sus siglas en inglés) se han aplicado con éxito para determinar la composición de ácidos grasos y triacilglicéridos con el fin de controlar la calidad y detectar la adulteración de los aceites y grasas. (Ansari & Häubl, 2016).

2.5.2 ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCENCIA

La espectroscopia de fluorescencia es una técnica analítica sensible, rápida y no invasiva que proporciona información sobre la presencia de moléculas fluorescentes. Las propiedades de fluorescencia de los aminoácidos aromáticos también se han usado para estudiar la estructura de proteínas y las interacciones de proteínas en los quesos.

La emisión de residuos de triptófano en proteína se puede utilizar como un indicador para cambios conformacionales de proteínas. La espectroscopia de fluorescencia también puede proporcionar información sobre el estado físico de los triglicéridos y las interacciones proteína-lípido. En la espectroscopia de fluorescencia, primero se excita la muestra mediante la absorción de un fotón de luz, desde su estado electrónico basal a uno de los distintos estados vibracionales del estado electrónico excitado. Las colisiones con otras moléculas causan que la molécula excitada pierda energía vibracional hasta que alcanza el estado vibracional más bajo del estado electrónico excitado.

La molécula desciende luego a uno de los distintos niveles de vibración del estado electrónico basal, emitiendo un fotón en el proceso. Como las moléculas pueden caer a cualquiera de los diferentes niveles de vibración en el estado basal, los fotones emitidos tendrán diferentes energías y, por lo tanto, frecuencias.

Así pues, mediante el análisis de las diferentes frecuencias de luz emitida por espectrometría de fluorescencia, junto con sus intensidades relativas, se puede determinar la estructura de los diferentes niveles de vibración (Kulmyrzaev et al., 2005).

2.5.3 CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL

Calorimetría de barrido diferencial (DSC por sus siglas en inglés) es un análisis térmico que presenta algunas ventajas sobre otros métodos clásicos de detección, ya que es rápido con base a que no requiere de la preparación de muestras en exceso o la utilización de disolvente y, por tanto, se considera una técnica respetuosa del medio ambiente (Dahimi et al., 2014).

Se considera una técnica experimental dinámica que permite determinar la cantidad de calor que absorbe o libera una sustancia, cuando es mantenida a temperatura constante, durante un tiempo determinado, o cuando es calentada o enfriada a velocidad constante, en un determinado intervalo de temperaturas. Por otra parte, es bien sabido que el conocimiento de la estabilidad térmica de un material, así como la completa caracterización de sus transiciones, es de primordial interés en los materiales con potenciales aplicaciones industriales (Suriñach et al., 2008).

La detección de la adulteración de los aceites comestibles, grasas y productos a base de grasa hacen necesario el uso de DSC el cual toma huellas dactilares de su comportamiento térmico que incluyen puntos de fusión y cristalización.

Para realizar un análisis en el DSC se usan dos cápsulas. Una de ellas contiene la muestra a analizar y la otra está vacía y es la llamada cápsula de referencia. Se usan calefactores individuales para cada cápsula y un sistema de control comprueba si se producen diferencias de temperaturas entre la muestra y la referencia. Si se detecta cualquier diferencia, los calefactores individuales se corregirán de tal manera que la temperatura se mantendrá igual en ambas cápsulas. Es decir, cuando se tiene lugar a un proceso exotérmico o endotérmico, el

instrumento compensa la energía necesaria para mantener la misma temperatura en ambas cápsulas, como se observa en la Figura 5.

Como regla general, puede decirse que todas las transformaciones o reacciones donde se produce un cambio de energía, pueden medirse por DSC. Entre las diversas utilidades de la técnica podemos destacar las siguientes:

- Determinación de temperaturas características de transformación o de transición tales como: transición vítrea, transición ferro-paramagnética, cristalización, transformaciones polimórficas, fusión, ebullición, sublimación, descomposición, isomerización, etc.
- Medidas de capacidad calorífica aparente.
- Estabilidad térmica de los materiales.
- Cinética de cristalización de los materiales.

El DSC proporciona determinaciones de temperaturas de transición rápidas y precisas empleando cantidades mínimas de muestra. Las mediciones de temperatura más comunes incluyen las siguientes y son mostradas en la Figura 6:

➤ Transición vítrea (transición isofásica):

A temperaturas bajas, el polímero se encuentra en su estado vítreo, en el que los movimientos moleculares (saltos conformacionales) están “congelados”.

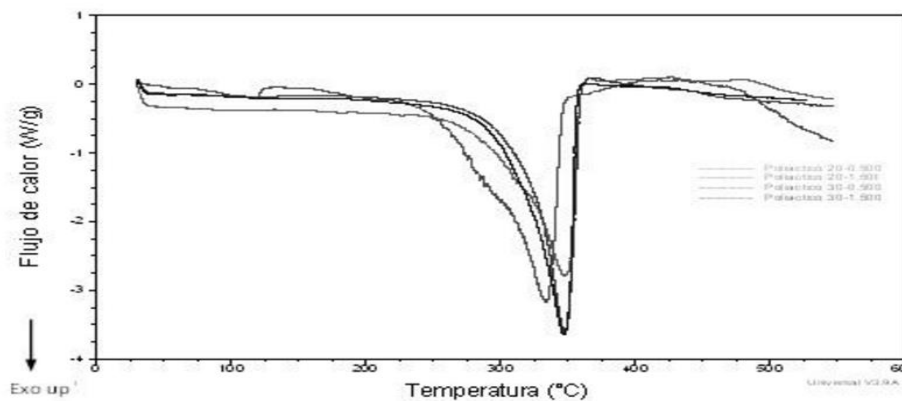


Figura 5. Termogramas de DSC de las muestras de un polímero. Parada et al. (2009).

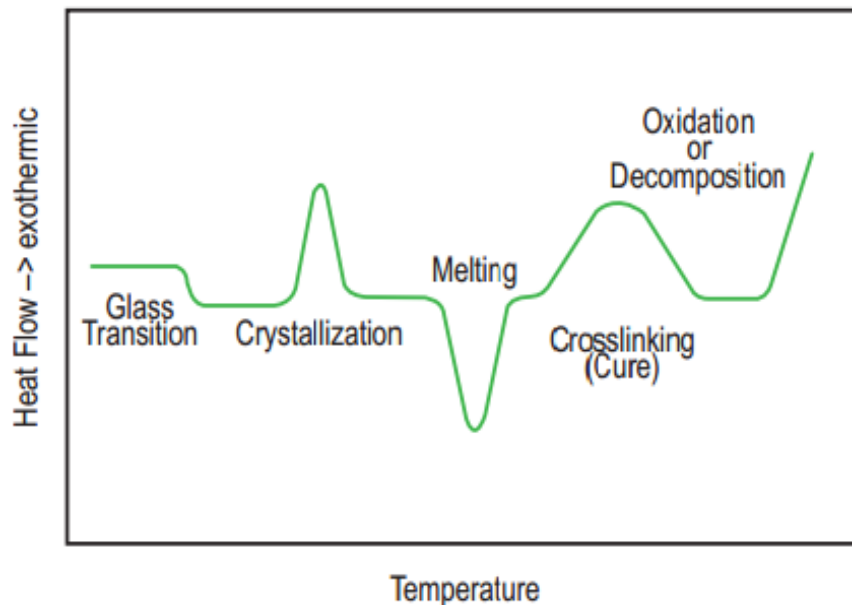


Figura 6. Temperaturas de transiciones rápidas medidas en por el método de calorimetría de barrido diferencial. TA instruments.

La variación de la capacidad calorífica con la temperatura es de forma lineal. Al llegar a la transición vítrea comienzan ya a tener lugar movimientos de segmentos de las cadenas del polímero, aumenta el volumen libre, haciéndose el material más suave.

La capacidad calorífica (C_p) de este estado es diferente del correspondiente al estado vítreo, teniendo lugar un salto en C_p a la temperatura de transición vítrea (T_g). Desde un punto de vista termodinámico, la transición vítrea, puede considerarse como una transición de segundo orden, ya que es la segunda derivada de la función característica termodinámica, la energía libre de Gibbs (G), la que sufre un salto durante la transición [$C_p/T = (\partial^2/\partial T^2)_p$]. Por tanto, la transición vítrea no lleva asociado ningún cambio de fase (transición isofásica).

El factor más importante que determina el valor de la temperatura de transición vítrea, es la flexibilidad de la cadena polimérica considerada aisladamente y de las interacciones entre tales cadenas. La flexibilidad de la cadena viene determinada,

pues, por la estructura química. Las cadenas formadas por enlaces C-C y C-O, son notablemente flexibles.

➤ **Cristalización**

Al seguir calentando la muestra puede que el polímero cristalice. Al calentar lentamente el polímero por encima de su T_g , las cadenas tienen ya suficiente movilidad para cristalizar a temperaturas por debajo de su punto de fusión. El proceso de cristalización es un proceso exotérmico, manifestándose en el termograma mediante un pico positivo, donde se observa una transición desordenada a ordenada.

➤ **Fusión (transición bifásica)**

El proceso de fusión que ocurre al seguir aumentando la temperatura da lugar a un pico endotérmico a la temperatura T_m . Al igual que la cristalización, la fusión es una transición termodinámica de primer orden, ya que es la primera derivada de la función característica termodinámica la que sufre un salto durante el proceso. Los factores que determinan la temperatura de fusión de un polímero cristalino o parcialmente cristalino son dos:

- Fuerzas intermoleculares, que son las responsables de la agregación molecular y pueden expresarse como la energía cohesiva o la energía necesaria para separar una molécula del agregado sólido o líquido. Cuando los polímeros tienen valores de energía cohesiva por encima de 5 kcal/mol, son muy cristalinos.
- Rigidez o flexibilidad de cadena, dependiendo ésta de la mayor o menor facilidad para la rotación alrededor de los enlaces covalentes de la cadena. Por tanto, un polímero será tanto más cristalino cuanto más rígidas sean sus cadenas y cuantos más fuertes sean las interacciones existentes entre ellas.

2.6 ANTECEDENTES

Szulc et al. (2016). En este trabajo se mostró la influencia de la sustitución de la grasa mediante propiedades térmicas de los productos lácteos en polvo. La investigación se llevó a cabo mediante la medición de las propiedades de flujo de cuatro diferentes polvos de leche (leche entera en polvo, leche en polvo descremada y dos leches en polvo con grasa: aceite de palma a 6.63 g/100 g y 25.5 g/100 g de contenido de grasa, respectivamente) usados en esta investigación. Las muestras de leche en polvo fueron analizadas por calorimetría de barrido diferencial en charolas de aluminio selladas herméticamente. Pesando de 10-15 mg de muestra que fueron colocadas en charolas de aluminio y calentadas desde - 60 °C hasta 240 °C con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min. La técnica de DSC se utilizó para obtener las curvas de flujo de calor. El contenido de grasa y el tipo tiene una influencia significativa en la fluidez de la leche en polvo. La leche en polvo secada por atomización con grasa se caracterizó por una mejor fluidez que la leche en polvo entera con el mismo contenido de grasa. Las curvas de DSC mostraron que la grasa de la leche tiende a fundirse a una temperatura más baja que la grasa vegetal.

Póltorak et al. (2015). Evaluaron varios parámetros físicos y sensoriales de los diferentes tipos de quesos disponibles en el mercado polaco. Las mediciones de propiedades texturales se realizaron en una máquina de ensayo universal de la marca Instron, mientras que las propiedades de color de los quesos se midieron usando un cromómetro marca Minolta. La composición química se determinó por medio de la espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS por sus siglas en inglés). Además, se invitó a un panel sensorial entrenado a evaluar las propiedades relacionadas con la textura del queso. El análisis de correlación entre los atributos físicos y sensoriales relacionados con las propiedades texturales del queso. Encontraron que la elasticidad del queso obtenida por evaluación sensorial estuvo fuertemente correlacionada con la elasticidad determinada a partir del ensayo de cizallamiento ($R^2 = 0.722$) y moderadamente correlacionada con la elasticidad del ensayo de penetración ($R^2 = 0.588$), lo que indica la necesidad de refinar el método

de penetración de prueba. Además, los quesos mostraron una mayor fusión durante el calentamiento por convección a 230 °C que el calentamiento por microondas.

Magenis et al. (2014). Este estudio se llevó a cabo para evaluar las características físico-químicas (color, humedad, contenido de proteína y grasa) y propiedades reológicas (tensión de fractura, grado de solidez y disminución de tensión), así como para la autenticidad (utilizando dodecil sulfato de sodio con poliacrilamida (SDS-PAGE) del queso fresco de Minas Gerais. Analizando 21 muestras comerciales adquiridos en el sur de Brasil. El objetivo de su trabajo fue investigar las propiedades físico-químicas y reológicas así como la autenticidad de los quesos elaborados en las tiendas locales de Brasil. Observaron grandes diferencias entre las muestras, que tendían a presentar un color blanco amarillento. La humedad y proteína influyó sobre las propiedades reológicas y los quesos mostraron una tendencia viscosa y firme. Los resultados que encontraron enfatizan en la necesidad de un control más eficaz en la calidad de este producto sobre todo en la selección de la materia prima, con el objetivo de ofrecer a los consumidores productos auténticos.

Kim et al. (2014). Analizaron un método que discriminará un queso mozzarella natural a partir de sustitutos del queso. Se determinó perfiles de ácidos grasos y contenido de fitosterol. Se evaluaron 27 quesos que se clasificaron en: ocho quesos mozzarella naturales (QMN), cuatro quesos mozzarella de imitación (QMI), 12 quesos procesados (QP) y tres quesos mixtos (QM). La composición de ácidos grasos de la clase QMN fue distinta de la clases de QMI y QM, pero estadísticamente similar ($p < 0,05$) a la de la clase QP. El contenido de fitosterol de la clase QMN, determinado mediante espectrometría de cromatografía de masa de gas, era distinto de los QMI, pero similar ($p < 0,05$). EL Análisis de componentes principales (valor propio ≥ 1) indicaron que el QMN puede diferenciarse de los QMI, pero la discriminación entre el QMN y los QP no se puede lograr.

Herman-Lara et al. (2013). El propósito de este estudio fue evaluar el contenido de ácidos grasos y ácido linoleico conjugado (CLA por sus siglas en inglés)

encontrados en algunos cortes de carne de res y lácteos comerciales selectos. El contenido de CLA se determinó usando un cromatógrafo de gases HP 6890 equipado con una columna capilar Supelcowax-10 (60 m x 0,32 mm de diámetro interno, 0.25 m de espesor de película) con inyector split y un detector por ionización de flama (FID por sus siglas en inglés) ambos ajustados a una temperatura de 250 °C. Las temperaturas programadas fueron de 60 a 200 °C a 20 °C/min y durante 45 min. Los niveles de CLA fluctuaron entre 3.75 y 20.45 mg/g de grasa correspondientes a leche con 2% de grasa y carne de res molida cocida, respectivamente. En base a sus respectivas porciones alimenticias, el contenido de CLA en los productos estudiados varió entre 12.87 a 93.62 mg/porción, que correspondieron a queso crema (porción de 15 g) y carne de res molida cocida (porción de 100 g). Este estudio mostró la presencia de cantidades importantes de CLA en las carnes de res y lácteos analizados.

Cunha et al. (2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar un queso tradicional de Brasil, “requesón cremoso” sustituidos con el 25 y 50% de grasa vegetal, fueron analizadas con respecto a su composición físico-química, perfil de textura, microestructura y análisis sensorial. La sustitución de grasa butírica por grasa vegetal resultó en un aumento de la adhesividad y dureza. Concluyendo que la sustitución de parte de la crema de leche (25 y 50%) con grasa vegetal hidrogenada promovió modificaciones significativas en la textura, propiedades sensoriales, color y principalmente, en la microestructura del queso procesado. Este estudio mostró un aumento ponderal en el tamaño de los glóbulos de grasa consecuente a la adición de grasa vegetal (25 y 50%). Con respecto al análisis sensorial los atributos de color, firmeza y cremosidad, fueron mejor evaluados en la prueba de aceptación en el análogo con 50% de grasa vegetal que el queso procesado tradicional.

López et al. (2006). Investigaron las propiedades térmicas de la fase grasa dispersada en queso Emmental como propiedades de fusión y evoluciones polimórficas de la grasa se caracterizaron y se determinó el contenido de grasa sólida durante la maduración del queso. Para su análisis utilizaron calorimetría de barrido diferencial para caracterizar *in situ* el punto de fusión y cristalización de las

moléculas de triacilglicéridos. Este estudio demostró que la grasa de la leche se cristaliza parcialmente en el queso Emmental: cerca de $55.7 \pm 3.5\%$ de la grasa sólida a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ al final de la maduración.

Ritvanen et al. (2005). Estudiaron la relación de los atributos sensoriales del gusto de los consumidores en quesos con diferentes contenidos de grasa. Se analizó la composición química de los quesos con el fin de evaluar su efecto sobre la calidad sensorial. Las muestras utilizadas fueron queso Finlandia (70%) e importados (30%) de tipo Havarti, Edam y quesos tipo Emmental y sus versiones reducidas en grasas. Un análisis descriptivo cuantitativo fue desarrollado para crear perfiles sensoriales de las muestras de quesos. Concluyeron que casi todos los quesos se consideraron agradables para los consumidores, los quesos más atractivos para los consumidores tenían una consistencia viscosa, cremosa, sabor y salada y, además el queso tipo Emmental tenía un sabor ligeramente ácido.

2.7 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la región de Tuxtepec se registra una elevada actividad ganadera que aporta más de 23 millones de litros de leche bovina al año. Del total de la leche producida anualmente más del 20% es destinado a la producción de diferentes tipos de quesos, entre los que destaca el queso fresco. El Queso fresco a nivel nacional ocupa el segundo lugar en producción quesera.

En esta región se ha detectado que durante el proceso de la elaboración de quesos, para algunos productores, es común la adición o sustitución de los componentes propios de la leche (por ejemplo grasa butírica por grasa vegetal), este tipo de prácticas se consideran fraudulentas de acuerdo a la Norma Mexicana ya que modifica significativamente la composición, textura, color y las propiedades sensoriales del queso fresco, propiciando desconfianza entre los consumidores. Los productores de leche y queso de la región de la Cuenca del Papaloapan no declaran la adición de grasa vegetal, ni en la leche, ni en quesos frescos elaborados, ya que

muchos de estos quesos no llevan empaque y mucho menos etiqueta, por lo que se venden en forma libre en fresco.

En algunos estudios se ha reportado que esta sustitución en la elaboración de quesos, altera el contenido, el tipo y la distribución de los glóbulos de grasa en la matriz proteica, ocasionando una modificación de la microestructura y por lo tanto de la textura del queso. El color es otra característica que se modifica y que es fácilmente detectada por los consumidores, determinando la aceptación o rechazo del producto. Además, se ha establecido que la adición de grasa vegetal en los quesos afecta su color debido a la diferencia en la composición de ácidos grasos.

Esta creciente técnica que emplean los productores de queso fresco al sustituir la grasa animal por la grasa vegetal llega a ser un motivo de preocupación, debido a que esta estrategia es utilizada con la finalidad de incrementar el rendimiento quesero y poder así reducir los costos de producción.

Para poder identificar este tipo de prácticas es necesario desarrollar nuevos métodos analíticos que permitan la detección de la adulteración de los quesos frescos con grasa vegetal.

Lo cual se espera lograr a través del perfil térmico mediante el uso calorimetría de barrido diferencial que es considerada una técnica robusta y la ventaja de ser respetuosa del medio ambiente al no utilizar disolventes, para su análisis requiere de una mínima cantidad de muestra por lo que se considera una prueba rápida.

Con los resultados obtenidos en esta investigación se espera que la calorimetría de barrido diferencial sea un método analítico alternativo que logre detectar a partir de una mínima cantidad la presencia de grasa vegetal adicionada en quesos frescos, además de poder compararla con otras técnicas de análisis como cromatográficas y sensoriales como el análisis descriptivo cuantitativo.

2.8 OBJETIVOS

2.8.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el método de calorimetría de barrido diferencial como herramienta para la detección de adulteración de quesos frescos con grasa vegetal.

2.8.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obtener quesos frescos a partir de leche estandarizada en cuanto a su contenido de grasa, pasteurizada y adicionada con diferentes porcentajes de grasa vegetal.
- Determinar el efecto de los diferentes niveles de adición de grasa vegetal sobre las propiedades físicas y químicas de los quesos.
- Obtener un perfil sensorial de los quesos y correlacionar los atributos sensoriales con las propiedades físicas y químicas de los quesos frescos.
- Establecer la composición de ácidos grasos de las muestras de quesos frescos con grasa vegetal y correlacionarla con sus propiedades térmicas.
- Determinar el grado de discriminación y la concentración mínima detectable de grasa vegetal en las muestras de quesos mediante el perfil térmico.

III. MATERIALES Y MÉTODO

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS QUESOS

La leche fue recibida en las instalaciones del laboratorio del Instituto Tecnológico de Tuxtepec y analizada en cuanto a su contenido de grasa, proteína, pH, acidez titulable, densidad y agua usando un analizador por ultrasonido Lactoscan (Milkotronic Ltd. 4, Modelo S, Bulgaria). Para su tratamiento la leche fue descremada y estandarizada al 2% en su contenido de grasa, utilizando una descremadora (Elecrem 1, VIGUSA S.A. de C.V, México). Posteriormente se adicionó grasa vegetal (GV) en distintos porcentajes, al final se obtuvieron cinco tratamientos donde (QF1:0.5%, QF2:1.0%, QF3:2.5%, QF4:3.5%, QF5: 5%) y un control (0% GV).

Para la elaboración de las muestras de queso; la leche fue sometida a un proceso de pasteurización de laboratorio, en tinas de acero inoxidable de 10 litros, donde se elevó la temperatura a 63 °C manteniéndola durante 30 min. Simultáneamente se llevó a cabo una agitación constante de manera manual para impedir la formación de nata y lograr un calentamiento uniforme. Al término de la pasteurización, la leche fue enfriada lo más rápidamente posible mediante un baño de hielo, hasta alcanzar una temperatura de 42 °C, cuando se alcanzó esta temperatura en la leche después de la pasteurización se adicionó cloruro de calcio (CaCl_2) en una proporción de 20 g por cada 100 L de leche, nuevamente se dejó enfriar hasta que llegó a una temperatura de 37 °C, se adicionó el cuajo comercial de origen microbiano (Cuajo XXX, Cuamex S.A. de C.V., México) en una proporción de 10 mL por cada 100 L de leche. La cuajada se dejó reposar por 30 min y una vez que se obtuvo el cuajo, se inició con el corte de la cuajada utilizando liras de acero inoxidable verticales y horizontales, de tal manera que se obtuvo la división de la cuajada en cubos de aproximadamente 1 cm³. Inmediatamente después del corte se realizó una ligera agitación durante 30 s. La temperatura de la cuajada se elevó nuevamente a 40 °C por calentamiento directo durante 10 minutos con agitación lenta y constante. Con ayuda de una coladera de plástico y un cucharón de acero inoxidable se procedió a

realizar el desuerado después de haber transcurrido el calentamiento, eliminando 3/4 partes del suero mediante decantación. La cuajada se saló mediante la adición de cloruro de sodio, que consistió en agregar 70 g de sal común marca “La Fina” agregando por cada 10 L de leche amasando simultáneamente la cuajada con las manos. Al finalizar esta etapa se inició con el moldeado, utilizando moldes de plástico sanitario cilíndricos (VIGUSA S.A. de C.V., México) recubiertos con manta. Para el prensado se aplicó una fuerza de 1 kg por cada 500 g de queso, volteando los moldes dos veces durante el tiempo de prensado. El vire se realizó a la media hora y el segundo a las doce horas de posteriores al primer vire, para un tiempo total de trece horas de prensado. Finalmente se procedió al desmoldado de los cinco tratamientos de quesos frescos adicionados con grasa vegetal y un control sin adición de grasa vegetal, estos fueron colocados en bolsas selladas al vacío y puestas en refrigeración hasta su próximo análisis. La descripción del proceso de elaboración del queso fresco, se muestra a continuación en el diagrama de flujo de la Figura 7.

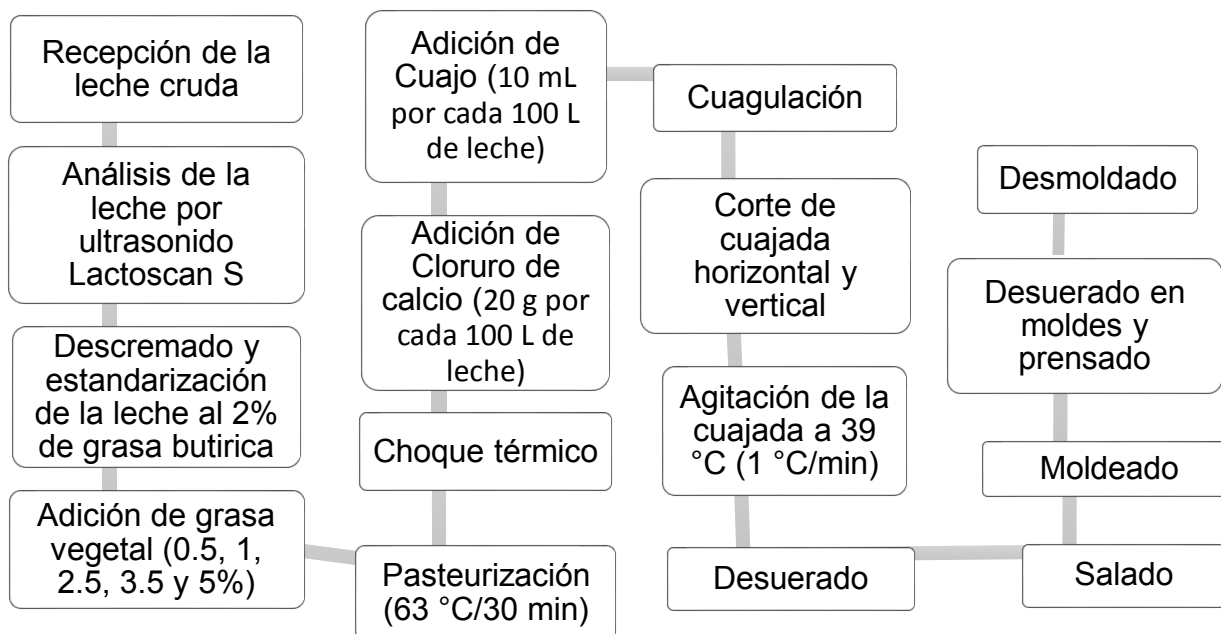


Figura 7. Diagrama del proceso de elaboración del queso fresco.

3.2 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

La composición química de los quesos obtenidos se determinó 10 días después de su elaboración. Posteriormente se determinó el contenido humedad mediante un horno eléctrico para secar y esterilizar (BM/401, Riossa, México) de acuerdo a lo establecido en el método 926.08 de la AOAC en el 2005. Los análisis de contenido de grasa y proteína fueron de acuerdo a la AOAC (2005). El contenido de grasa se analizó utilizando una centrifuga eléctrica Gerber (Cowbell, Súper centro-VX, India) y el contenido de proteína se determinó usando un equipo de digestión y destilación Kjeldahl.

Los análisis se realizaron por duplicado en las instalaciones del Campo experimental C.E. LA POSTA, en Medellín de Bravo, Veracruz.

3.3 DETERMINACIÓN DE COLOR

Se evaluó el color instrumental de las muestras de queso por medio del colorímetro (UltraScan Vis, Hunter Associates Laboratory Inc., EUA) a través del software EasyMatchQC. Se obtuvieron los valores de L* (luminosidad (0-100), a* (de verde (-a*) a rojo (+a*)), y b* (de azul (-b*) a amarillo (+b*)) utilizando la escala de CIELab con D65 como fuente luminosa y un ángulo de 10°. Los resultados fueron calculados de acuerdo a las mediciones de luminosidad (L*) y ángulo hue (h°), este último parámetro fue calculado por medio de la ecuación 1. El equipo fue calibrado con una placa estándar blanca y las mediciones se realizaron por triplicado utilizando la sección interior y exterior de los quesos.

$$h^{\circ} = \arctang\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (1)$$

3.4 DETERMINACIÓN DE TEXTURA

Se realizó el análisis de perfil de textura (TPA por sus siglas en inglés) de las muestras de quesos utilizando un texturómetro (TA-Xt plus, Stable Microsystems Inc., Reino Unido). Los parámetros a evaluar del perfil de textura fueron: dureza,

adhesividad, cohesividad y gomosidad en muestras cilíndricas de queso de 2.5 cm de diámetro y 3.0 cm de altura. Las muestras se tomaron a 1.0 cm de la superficie del queso para reducir el efecto de la resequedad (Hernández-Morales et al., 2010), fueron cortadas minutos antes del análisis y almacenadas en refrigeración a 10 °C en envases sellados e identificados. En el texturómetro se utilizó una sonda de compresión con 75 mm de diámetro (P/75), obteniendo la fuerza máxima expresada en N (Newtons). Las condiciones de operación fueron una distancia de compresión de 30 mm. Las mediciones se realizaron por duplicado.

3.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

3.5.1 RECLUTAMIENTO Y ENTRENAMIENTO DE CATADORES

Se inició con el reclutamiento de alumnos del Instituto Tecnológico de Tuxtepec, quienes acudieron al Laboratorio de Análisis Sensorial para la realización de una entrevista para realizar una evaluación sensorial de quesos frescos, ésta fue realizada a cada alumno interesado en formar parte del panel de catadores con el objetivo de obtener sus datos personales; se tomaron en cuenta algunas características fundamentales para el estudio como: habilidad, disponibilidad, interés, desempeño, hábitos alimenticios, estado de salud y la no aversión al producto (NC-ISO 8586-2:1994, NC-ISO 8586-1: 2004); Las pruebas preliminares para evaluar el nivel de discriminación sensorial, se realizó con pruebas de detección de sabores básicos y pruebas discriminatorias (dúo-trío, triangular y comparación por pares) (ISO 8586-1:2004, ISO 10399:2004), otro paso fue la generación de todos los términos descriptivos desarrollados y posteriormente la sesión de selección y eliminación de términos descriptivos no deseados empleando utilizando la siguiente fórmula: $M = \sqrt{F \cdot I}$ (donde M=media aritmética, F= frecuencia con la que es mencionado el atributo descriptivo por los panelistas e I= intensidad con la que se percibe el atributo descriptivo por los panelistas (AFNOR ISO 11035, 1995; NC-ISO 8586-1: 2004), obteniendo también la evaluación del desempeño individual de los jueces observando repetitividad y consenso en los términos descriptivos.

3.5.2 ANÁLISIS SENSORIAL DE QUESOS FRESCOS TRATADOS.

La calidad y la intensidad de las propiedades sensoriales de los quesos obtenidos fueron evaluados por el panel entrenado conformado por 8 catadores (3 hombres y 5 mujeres) con un rango de edad de entre 20 y 25 años, fueron reclutados en el Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Oaxaca de un total de 12 entrevistados.

Durante la evaluación de los tratamientos, a cada catador se le sirvió una muestra de queso cortada cilíndricamente a un tamaño homogéneo de 1 cm³ y colocada en vasos claros tapados herméticamente y codificados con tres dígitos al azar. El orden de servido de las muestras fue aleatorizada en forma monádica secuencial para cada catador; las claves utilizadas fueron 6 diferentes con la finalidad de que los panelistas no supieran qué queso era el que estaban evaluando. Dichas claves se observan en la Tabla 6. Entre cada muestra de queso servido hubo un lapso de tiempo de 1 minuto aproximadamente. Se evaluaron 5 muestras de quesos con adición de GV a diferentes concentraciones (0.5, 1.0, 2.5, 3.5 y 5.0%), en los que se incluyó un queso control (0% de GV) elaborados a partir de leche estandarizada a un contenido de 2% de grasa con las mismas condiciones de estandarización; cabe hacer mención que la muestra control fue previamente evaluado por el panel entrenado, para la obtención de un valor de referencia de cada atributo a evaluar en los diferentes tratamientos adicionados con GV. Las pruebas se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Sensorial del Instituto Tecnológico de Tuxtepec, diseñado de acuerdo a la Norma AFNOR ISO 8589 (1988). En el Anexo A, se incluye el formato utilizado para la realización de estas pruebas. Para el análisis sensorial se utilizó una escala hedónica no estructurada de 0-9.

De la evaluación sensorial de los quesos tratados se obtuvo un perfil sensorial por medio de una gráfica radial, Análisis de Componentes Principales (ACP) mediante elipses de confianza y la correlación de los datos fisicoquímicos con los sensoriales

Tabla 6. Diseño experimental optimizado para el servido de muestras de los panelistas

JUEZ	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5
Juez 1	MAT	SUR	OES	PRU	NOR
Juez 2	SUR	PRU	MAT	NOR	OES
Juez 3	PRU	NOR	SUR	OES	MAT
Juez 4	NOR	OES	PRU	MAT	SUR
Juez 5	OES	MAT	NOR	SUR	PRU
Juez 6	NOR	PRU	OES	SUR	MAT
Juez 7	OES	NOR	MAT	PRU	SUR
Juez 8	MAT	OES	SUR	NOR	PRU
Codificación de las muestras de queso fresco	OES= 0.5%	SUR= 1%	PRU= 2.5%	NOR= 3.5%	MAT= 5%

3.6 DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO

En la Figura 8 se expresa de manera general la determinación del perfil lipídico.

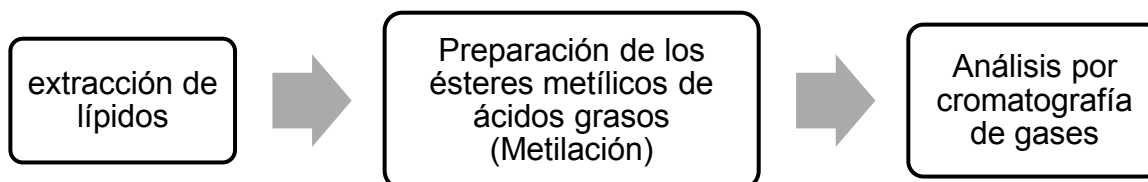


Figura 8. Etapas del proceso de análisis del perfil lipídico.

3.6.1 EXTRACCIÓN DE LA FASE LIPÍDICA DEL QUESO

Se pesaron 100 g de muestra de queso fresco que fue homogenizado en una licuadora (Oster Core, México) durante 2 minutos con 50 mL de cloroformo, 100 mL de metanol y 100 mL de agua destilada. A la mezcla se le agregaron 50 mL de cloroformo y se licuó nuevamente por 30 s, posteriormente al homogenizado se le adicionó agua destilada y se licuó por 30 s. El homogenizado se filtró a través de un papel filtro Whatman No. 1 en un embudo Büchner con ayuda de una bomba de vacío (ED330, Edwards High Vacuum, Gran Bretaña) el residuo seco del papel filtro

se volvió a mezclar con 130 mL de cloroformo (adicionados dosificadamente con ayuda de una pipeta Pasteur. El filtrado se transfirió a un tubo de plástico para centrifuga; se centrifugó a 2365 rpm x 10 min a 30 °C en una centrifuga (Rotina 380R, Hettich zentrifugen, Alemania), se dejó reposar unos minutos para que se presentara la separación de las fases. Posteriormente se procedió a la separación de las fases con ayuda de una pipeta Pasteur, eliminando la fase alcohólica y recuperando la fase clorofórmica en un tubo de ensaye. Esta última fase es la que contiene el lípido purificado.

En caso de presentarse turbidez, se le adiciono Na_2SO_4 anhidro previamente secado en un horno eléctrico para secar y esterilizar (BM/401, Riossa, México) con la finalidad de asegurar que la fase alcohólica fuese eliminada; se agito el tubo de ensaye en un Vortex 30 s y se volvió a centrifugar a 2365 RPM x 10 min a 30 °C.

La fase clorofórmica fue recuperada del tubo para centrifuga con ayuda de una pipeta Pasteur y colocada en un matraz de bola, el cual fue llevado al rotavapor (R-3, BUCHI Labortechnik AG, Suiza) que previamente fue programado a 45 °C (considerando el punto de ebullición de los solventes utilizados) durante 4-5 min. Finalizando esta última etapa, la fase clorofórmica que contiene el lípido purificado fue guardada en tubos Eppendorf identificados y almacenados en refrigeración hasta su posterior utilización.

3.6.2 METILACIÓN DE MUESTRAS DE QUESO FRESCO

La metilación se realizó pesando 200 mg de muestra del lípido extraído previamente a un tubo de ensaye con tapón de rosca. Se le adicionó 1 mL de la mezcla metanol-HCl 2:1 y se calentó a baño seco a 80 °C x 2 h, posteriormente se dejó enfriar a 25 °C. Se adicionó 200 μL de agua destilada a cada tubo metilado y 2 mL de hexano; se agitó con un vortex y con ayuda de una pipeta Pasteur se retiró el hexano. Se agregó sulfato de sodio anhidro previamente secado en un horno eléctrico para secar y esterilizar (BM/401, Riossa, México) y centrifugado por 5 min. Al final se obtuvo la muestra ya derivatizada y fue vaciada a cada vial, identificados y refrigerados hasta su análisis por cromatografía de gases.

3.6.3 ANÁLISIS DEL PERFIL LIPÍDICO POR CROMATOGRAFÍA DE GASES

Las muestras fueron analizadas utilizando un Cromatografo de gases (GC por sus siglas en inglés) (Agilent technologies, modelo 7820A, Shanghai, China) para determinar su contenido de ácidos grasos, usando una columna SUPELCOWAX™ capilar de sílica fundida 100 m x 0.25 mm de diámetro interno x 0.25 µm de espesor de la partícula. Las condiciones fueron las siguientes: puertos de inyección y detección por ionización de llama (FID por sus siglas en inglés) fueron programadas a 260 °C, el gas transportador fue nitrógeno con un flujo de 2 mL/min; la presión de la columna fue de 31.831 Psias.

Las muestras fueron eluidas de la columna usando un gradiente de temperatura de 100 a 240 °C en una rampa de temperatura de 5 °C por minuto, en un tiempo total de 90 min. Se inyectó un estándar: F.A.M.E Mix con ácidos grasos desde C4-C24, para conocer los ácidos grasos presentes en las muestras analizadas. Las mediciones se realizaron por duplicado.

3.7 ANÁLISIS DEL PERFIL TÉRMICO POR CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL

Las muestras de quesos fueron secadas en un liofilizadora con sistema de secado por congelación (FreeZone® 4.5 litros, LABCONCO, EUA) durante 36 h con una presión de vacío de 1200 kPa. Las muestras liofilizadas fueron guardadas en bolsas selladas al vacío y puestas en refrigeración a 8 °C hasta su análisis. Previo al análisis fueron almacenadas en un desecador con sílica gel con indicador.

Las muestras fueron analizadas por calorimetría de barrido diferencial (Q 200, TA Instruments, EUA) en una celda de presión normal como se aprecia en la Figura 9. La celda fue purgada con nitrógeno (una pureza de 99.99%) y la línea base fue calibrada con un estándar puro de indio. Una charola de aluminio sellada al vacío se utilizó como referencia en cada prueba. Se pesaron 10 mg de muestra liofilizada y se hidrató con 16 µL de agua destilada, posteriormente se colocó en charolas de aluminio herméticamente selladas; antes del análisis se dejó reposar la muestra 1 h. EL DSC fue programado con una rampa de temperatura de calentamiento de -60

°C hasta 240 °C con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min. Las mediciones se realizaron por duplicado.

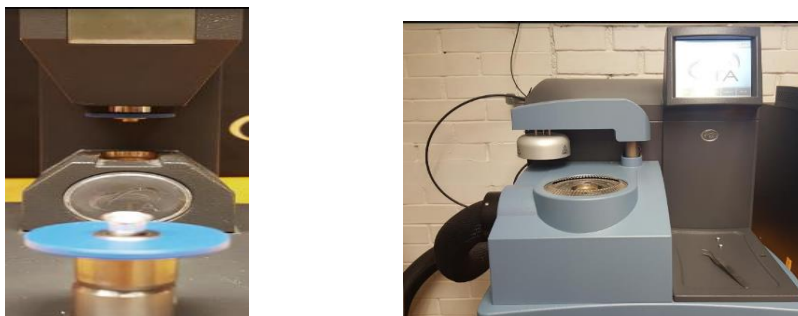


Figura 9. Equipo de DSC y charolas de aluminio.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos del análisis químico proximal (AQP), perfil de color y textura realizados a los 6 tratamientos de quesos frescos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) a una vía y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Un coeficiente de determinación (R^2) fue determinado y la correlación entre las variables se realizó obteniendo una matriz de correlaciones (PROC CORR).

La correlación entre el contenido de lípidos determinado mediante cromatografía de gases y el perfil térmico, así como el grado de discriminación de los quesos adicionados con grasa vegetal, se estableció mediante un análisis de componentes principales (ACP) y análisis de clúster. Los datos obtenidos de análisis sensorial fueron descritos mediante pruebas univariadas y ANDEVA, la discriminación de los quesos fue evaluada mediante la técnica de elipses de confianza, con 95% de confiabilidad y se estableció una correlación entre las características sensoriales de las muestras de quesos frescos y las características físico-químicas mediante un análisis factorial múltiple (AFM) y corrección vectorial. Para los diferentes análisis se utilizaron los softwares SAS 9.1, Statistica 7, Stagraphitc, XLST y R.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA.

La composición química de los diferentes quesos frescos analizados con los diferentes tratamientos: 0, 0.5, 1.0, 2.5, 3.5 y 5.0% de GV se muestra en la Tabla 7. Como resultado del análisis químico proximal se observó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los distintos tratamientos. En cuanto al contenido de grasa se observó que el QF0 presentó el menor contenido. Asimismo, se observó que el contenido de grasa se incrementó proporcionalmente en los quesos con la adición de grasa vegetal, lo que era de esperarse, siendo el QF5 con el mayor contenido de grasa total, En cuanto al contenido de humedad se observó que este fue mayor en los quesos QF0 y QF1. También se observó una disminución del contenido de humedad a medida que el contenido de grasa en los quesos se incrementaba. Lo cual se corroboró con el coeficiente de determinación en los parámetros de humedad-grasa ($R^2 = -0.96$, $p < 0.05$) y humedad-proteína ($R^2 = -0.88$, $p < 0.05$) respectivamente que son mostrados en la Tabla 8 .

Con respecto al contenido de proteína, se observó diferencia significativa entre algunos tratamientos. Sin embargo, el tratamiento control: QF0 fue el que presentó el mayor porcentaje de proteína y fue diferente significativamente al resto de los tratamientos. Mientras que los tratamientos QF1, QF2 y QF3 fueron similares significativamente entre sí. También fue observado una tendencia en el aumento de la concentración de proteína a medida que se aumentaba la adición de GV en los quesos tratados encontrándose un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.94$, $p < 0.05$) entre proteína y grasa, De acuerdo con Cunha et al. (2010), quienes analizaron el efecto en la adición de grasa vegetal hidrogenada en quesos “*Requeijão Cremosos*” brasileños. Observaron una tendencia en el incremento de proteína relacionada con la adición de grasa vegetal, ellos atribuyen que el aumento en el contenido de grasa se debe a que el diámetro es mayor en los glóbulos de grasa vegetal, lo que permite una mayor concentración de proteína por unidad de área en el glóbulo de grasa. Este efecto se correlaciona con el contenido de humedad, es decir a medida que el

agua fue desplazada esto favoreció una mayor concentración de sólidos ($R^2=-0.88$, $p<0.05$), resultando en una mayor concentración de proteína en aquellos tratamientos con mayor concentración de GV adicionada (Di Grigoli et al., 2015). Este efecto ha sido reportado por Cunha et al. (2010), quienes observaron una tendencia en el aumento de proteína en quesos “*Requeijão Cremosos*” brasileños.

Tabla 7. Composición química de los tratamientos de quesos frescos analizados.

Tratamientos	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
QF0	44.84 ± 0.24 ^e	12.25 ± 0.29 ^a	17.28 ± 1.27 ^a
QF1	45.43 ± 0.84 ^e	17.00 ± 0.00 ^b	18.26 ± 0.19 ^b
QF2	42.37 ± 0.06 ^d	19.75 ± 0.29 ^c	19.02 ± 0.06 ^{bc}
QF3	39.73 ± 0.27 ^c	29.00 ± 0.00 ^d	20.01 ± 0.63 ^d
QF4	36.14 ± 0.42 ^b	30.50 ± 0.00 ^e	20.84 ± 0.63 ^{cd}
QF5	33.27 ± 1.00 ^a	41.00 ± 1.15 ^f	20.93 ± 0.50 ^e

Los resultados son el promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$).

Tabla 8. Correlación datos entre los resultados obtenidos de las distintas pruebas de análisis.

Variable	Grasa	Proteína	L*	h°	Dureza	Adhesividad	Cohesividad	Gomosidad
Humedad	-0.96	-0.88	0.87	-0.44	-0.95	0.55	-0.69	-0.95
Grasa	1.00	0.94	-0.90	0.52	0.91	-0.64	0.79	0.94
Proteína		1.00	-0.84	0.64	0.86	-0.60	0.82	0.90
L*			1.00	-0.46	-0.84	0.64	-0.75	-0.87
h°				1.00	0.52	-0.29	0.45	0.51
Dureza					1.00	-0.52	0.70	0.98
Adhesividad						1.00	-0.75	-0.61
Cohesividad							1.00	0.81

Los resultados en negritas muestran una correlación significativa de $p (<0.05)$

4.2 ANÁLISIS DE COLOR

Los resultados obtenidos del análisis de color se muestran en la Tabla 9. Se observó que para el parámetro L^* tuvo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la mayoría de los tratamientos de quesos. Siendo los quesos QF0, QF1, QF2 y QF3, los que presentaron valores similares entre ellos pero diferentes significativamente a QF4 y QF5.

Se aprecia una tendencia a la reducción de la luminosidad con el aumento de la concentración de grasa vegetal. Con respecto a este parámetro Cunha et al. (2010) reportaron que si bien había una tendencia a la disminución de la L^* con el aumento del contenido de grasa vegetal este no fue significativo en muestras de quesos "*Requeijão Cremosos*" brasileños. Esta diferencia entre los resultados encontrados en esta investigación y los reportados por Cunha et al. (2010) puede deberse a que ellos analizaron otro tipo de queso y menor número de tratamientos en su investigación. De tal forma que el queso QF5 fue el que presentó los valores más bajos de L^* con 90.29.

Los resultados obtenidos de L^* se correlacionaron con el contenido de grasa de manera negativa ($R^2 = -0.90$, $p < 0.05$) y son mostrados en la Tabla 8. Es decir que los quesos con mayor contenido de grasa presentaron menores valores de luminosidad, (fueron más opacos). Lo cual se correlacionó también con los valores del contenido de humedad de una manera positiva ($R^2 = 0.87$, $p < 0.05$), observando que los quesos con mayor contenido de humedad fueron los más luminosos y se debió a que un mayor contenido de humedad favoreció que la luz se reflejara en la superficie de los quesos, según lo establecido por Magenis et al. (2014) en queso de Minas Brasileño.

Con respecto a los valores de h° se ubicaron en el intervalo de $85.57-88.67^\circ$. Estadísticamente se observó que los quesos QF0 y QF1 presentaron valores iguales entre sí ($p > 0.05$), al igual que los quesos QF2, QF3, QF4 y QF5 obtuvieron valores similares entre ellos, pero diferentes significativamente con respecto a los quesos QF0 y QF1. Sin embargo, todos los tratamientos estuvieron cercanos a los 90° que es el valor característico del color blanco-

amarillento de los quesos frescos elaborados a partir de leche de vaca. Esto de acuerdo a Aday y Karagul (2014) que atribuyen esta coloración al contenido de carotenoides presentes en la dieta de los rumiantes.

También se observó que la variación de color se relacionó con la adición de GV, ya que la diferencia de color entre un queso control y uno adicionado con grasa vegetal se incrementó proporcionalmente a la concentración de GV, esto fue también reportado por Cunha et al. (2010) en quesos “*Requeijão Cremosos*” brasileños.

Tabla 9. Parámetros de color de muestras de quesos fresco adicionadas a distintas concentraciones de grasa vegetal.

Tratamientos	L*	h°
QF0	93.06 ± 0.11 ^d	85.57 ± 0.29 ^a
QF1	92.37 ± 0.28 ^{cd}	86.40 ± 0.32 ^a
QF2	92.16 ± 0.36 ^{cd}	88.67 ± 0.27 ^b
QF3	91.49 ± 0.90 ^{bc}	88.09 ± 0.39 ^b
QF4	90.98 ± 0.35 ^{ab}	88.18 ± 0.96 ^b
QF5	90.29 ± 0.51 ^a	88.19 ± 0.54 ^b

Los resultados son el promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

4.3 ANÁLISIS DE TEXTURA

Los resultados del análisis de perfil de textura: dureza, adhesividad, cohesividad y gomosidad de los diferentes quesos frescos tratados son presentados en la Tabla 10. Se observó que la adición de GV tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) en la mayoría de los tratamientos. Los valores de dureza se encontraron en el intervalo de 19.26–33.03 N, teniendo el valor más bajo el tratamiento QF0 y el más alto QF5. En este parámetro se observó que el queso QF0 y QF1 fueron similares entre sí y fueron diferentes significativamente al resto de los tratamientos. Asimismo, QF2-

QF3 y QF4-QF5 fueron similares entre sí; siendo los quesos con mayor contenido de grasa vegetal adicionada.

La dureza se correlacionó con el contenido de grasa de manera positiva ($R^2= 0.91$, $p<0.05$) y proteína ($R= 0.86$, $p<0.05$), como se observa en la Tabla 8. Esto se debe al diámetro superior de los glóbulos de GV cuando ésta es incrementada en los tratamientos de quesos, lo que permitió una mayor densidad de proteínas por unidad de área. Esto ha sido reportado y se asocia a valores superiores de dureza, debido a que la matriz proteica es el componente estructural de un queso y un contenido superior de proteínas confiere mayor resistencia a la deformación (Cunha et al. (2010) en quesos “*Requeijão Cremosos*” brasileños.

En cuanto a la adhesividad, los quesos QF0, QF1 y QF2 mostraron valores similares estadísticamente ($p<0.05$). Sin embargo los quesos QF3, QF4 y QF5 también fueron similares entre sí en cuanto a la adhesividad, pero a su vez mostraron diferencia significativa ($p<0.05$) con el queso control QF0. Esto es contrario a lo reportado por Cunha et al. (2010), pero similar a lo reportado por Bachmann (2001) quien argumentó, que el aumento en la sustitución de la grasa butírica disminuyó la adhesividad en los quesos análogos.

Para los parámetros de cohesividad todos los tratamientos de los quesos fueron diferentes significativamente con el control QF0 ($p<0.05$). Sin embargo los quesos QF3, QF4 y QF5 fueron similares entre ellos. Con respecto a la gomosidad, al igual que la cohesividad todos los tratamientos fueron diferentes significativamente con el queso control QF0 ($p<0.05$). Mientras que los quesos agrupados como QF2 y QF3, y QF4 y QF5 fueron similares entre ellos, pero significativamente diferentes a QF0 y QF1, resultando en quesos menos cohesivos y gomosos estos dos últimos tratamientos.

En este trabajo se observó una correlación positiva entre el parámetro de dureza con gomosidad ($R^2=0.98$, $p<0.05$) y cohesividad ($R^2=0.70$, $p<0.05$), mostradas en la Tabla 10.

Se apreció una tendencia al aumento de la dureza, cohesividad y gomosidad a medida que se incrementó la concentración de GV en los quesos frescos tratados. Al respecto, se ha reportado un aumento en la dureza y elasticidad de los quesos cuando se incrementa el contenido de grasa (Bachmann, 2001).

Tabla 10. Parámetros del análisis de perfil de textura de las muestras de quesos frescos adicionadas a distintas concentraciones de grasa vegetal.

Tratamientos	Dureza	Adhesividad	Cohesividad	Gomosidad
QF0	19.26 ± 0.57 ^a	0.11 ± 0.08 ^b	0.72 ± 0.02 ^a	13.81 ± 0.75 ^a
QF1	20.06 ± 1.20 ^a	0.06 ± 0.02 ^{ab}	0.80 ± 0.00 ^b	16.70 ± 0.84 ^b
QF2	25.97 ± 0.78 ^b	0.09 ± 0.01 ^{ab}	0.83 ± 0.02 ^c	20.84 ± 0.83 ^c
QF3	25.91 ± 0.18 ^b	0.01 ± 0.01 ^a	0.89 ± 0.00 ^d	22.99 ± 0.90 ^c
QF4	30.91 ± 1.04 ^c	0.03 ± 0.01 ^a	0.89 ± 0.00 ^d	27.49 ± 0.89 ^d
QF5	33.03 ± 2.67 ^c	0.02 ± 0.01 ^a	0.87 ± 0.00 ^d	28.86 ± 2.32 ^d

Los resultados son el promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL.

4.4.1 RESULTADOS DEL ENTRENAMIENTO DEL PANEL DE CATADORES.

En la tabla 11 se muestran los términos que fueron generados por los panelistas entrenados, los cuales se determinaron mediante la ecuación de la media aritmética, donde se evaluó la frecuencia con la que los panelistas mencionaban el atributo y la intensidad con la que percibían el atributo. La mayoría de los atributos fueron seleccionados por su elevado porcentaje de media aritmética como fueron: Color blanco (CB), poroso (PS), firmeza en tacto (FM), sensación grasosa en tacto (SG), cremoso en gusto (CG), ácido (AC), aroma a rancio (AR) y resabio a rancio (RR).

Existen otras investigaciones donde se realizaron evaluaciones sensoriales en quesos, tal es el caso de Cunha et al. (2010) que evaluaron sensorialmente los quesos “*Requeijão Cremosos*” brasileños, adicionados con 25 y 50% de grasa vegetal. Ellos evaluaron los atributos de apariencia, color, cremosidad y firmeza. Concluyendo que las muestras analizadas fueron aceptadas y evaluadas por los panelistas. Sin embargo, cabe señalar que aunque fueron algunos atributos similares, ellos evaluaron otro tipo de queso y con menor número de muestras analizadas. Otro estudio que también utilizó atributos similares para poder evaluar un queso fue el de Brighenti et al. (2008) quienes realizaron una evaluación sensorial con panelistas entrenados a 18 muestras de queso crema comercial de Estados Unidos con diferentes contenidos de grasa. Los panelistas evaluaron las propiedades de textura, incluyendo firmeza, rigidez, cohesión, gomosidad, tamaño de partícula y cremosidad. Lo mismo sucedió con lo reportado por Delahunty y Drake (2004) quienes indicaron que los atributos sensoriales del queso son la percepción de los estímulos que experimenta como respuesta un panelista al degustar un queso, que por lo general se pueden describir usando los atributos de apariencia, sabor y textura, que resultan de los sentidos de vista, tacto, olfato y gusto.

Tabla 11 Atributos seleccionados mediante la ecuación de media aritmética.

Parámetros	Descripción							
	CB	PS	CG	SG	FM	AR	AC	RR
Intensidad de los atributos	0.44	0.63	0.023	0.35	0.53	0.02	0.008	0.09
Frecuencia de los atributos	0.90	1	0.06	0.77	0.67	0.04	0.02	0.25
Media aritmética	0.63	0.79	0.04	0.53	0.60	0.03	0.01	0.15
Porcentaje	62.60	79.05	3.95	52.55	59.39	2.94	1.31	14.79
Clasificación de la descripción	2	1	6	4	3	7	8	5

Los resultados se obtuvieron utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía; para evaluar el desempeño de los jueces de manera individual. En la Figura 10 se muestran los resultados obtenidos del índice de discriminación y repetitividad de cada uno de los jueces que conformaron el panel.

El juez 1 fue discriminante en 7 de 8 atributos que fueron: CB, PS, SG, CG, AC, AR y RR, mientras que el cuadrado medio del error indicó que el juez fue repetitivo en el atributo de firmeza. También se observó que este juez logró encontrar diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, teniendo como referencia que mientras más elevado sea el valor de F es mayor la discriminación. Con respecto a la repetibilidad que se mide por el cuadrado medio del error (CMe), se detectó que este juez obtuvo valores bajos en CB, PS, AC, AR, RR, esto indicó que el juez repetía constantemente sus notas durante las sesiones, según Losó et al. (2012) si el juez repite continuamente los resultados, el valor del Cme debería ser cercano a 0, esto significa que en contraste a los valores de F, los valores más bajos del Cme significan una mejor repetibilidad de un juez individual.

Mientras que el juez 2 fue discriminante en 6 de 8 atributos: CB, FM, SG, AC, AR y RR, con respecto a la repetibilidad el juez fue constante en sus notas en los atributos de: CB, PR, SG, CG, AC, RR. El juez 3 fue discriminante en 4 de 8 atributos: CB, PS, CG y AC, sin embargo, en los atributos de CB, PS, CG, AR y RR, obtuvo valores bajos de Cme, siendo constantes en sus notas durante distintas sesiones de entrenamiento. El juez 4 fue discriminante en los 8 atributos, pero con respecto a la repetibilidad el juez no fue constante en los atributos de: CB, FM, SG, AC, AR y RR con respecto a sus notas durante las sesiones de entrenamiento. El juez 5 fue discriminante en 4 de 8 atributos, en repetibilidad obtuvo bajas notas en los atributos: CB y FM. El juez 6 fue discriminante en 7 de 8 atributos, sin embargo en el transcurso de las sesiones el juez solo pudo ser constante en su nota para el atributo de CB. El juez 7 fue discriminante en 7 de 8 atributos que fueron: PS, FM, SG, CG, AC, AR y RR, con respecto a la repetibilidad obtuvo valores bajos en los atributos de SG, CG, AC, AR y RR. El juez 8 fue discriminante y repetitivo en los 8 atributos.

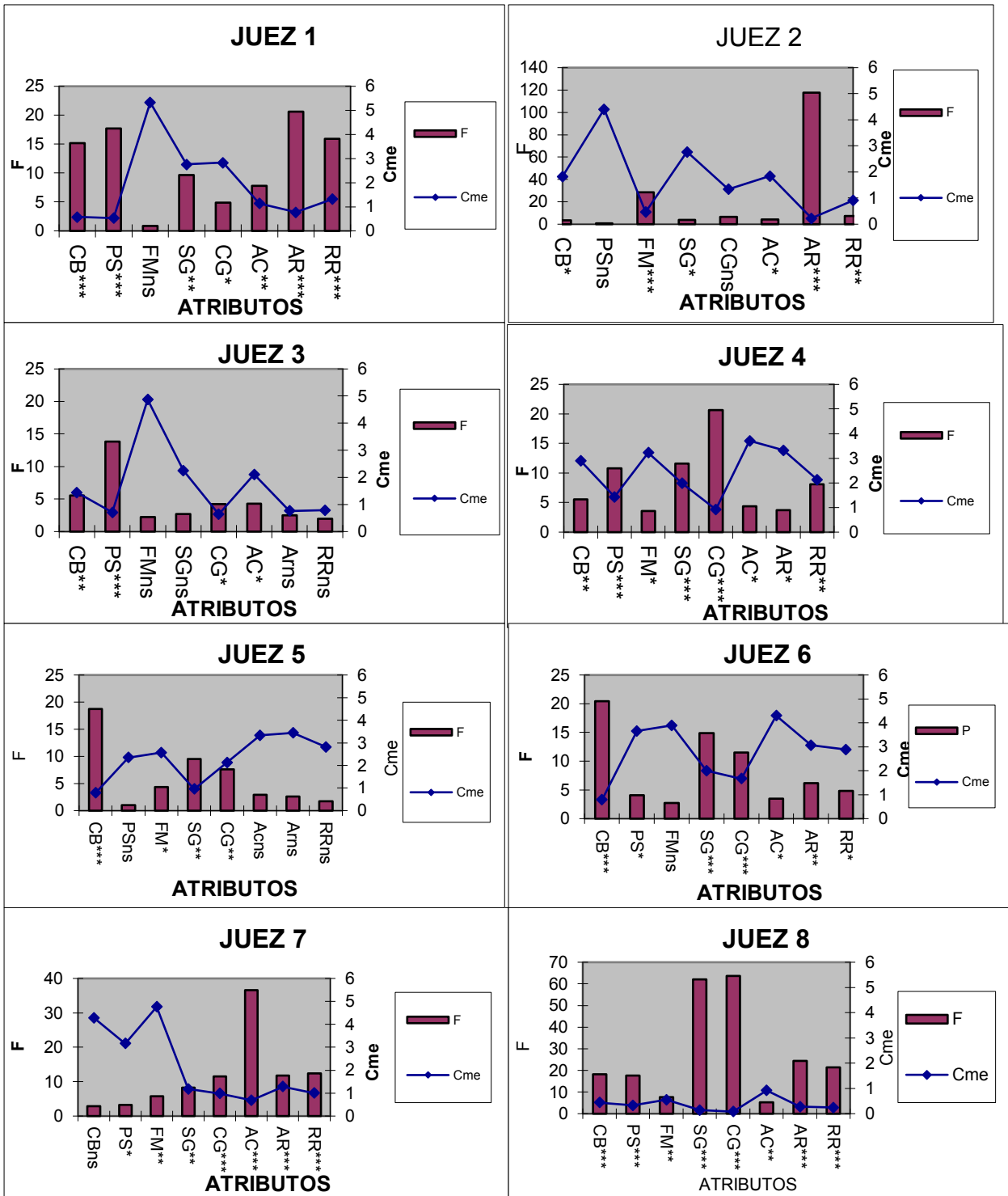


Figura 10. ANDEVA de la evaluación del desempeño individual de los jueces.

***= $p < 0.001$; **= $p < 0.01$; *= $p < 0.05$. ns= no significativo

Mientras mayor es el valor de F el juez es discriminante. Mientras mayor es el valor de CMe el juez fue menos repetitivo.

4.4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL DE QUESOS FRESCOS TRATADOS.

A continuación se presenta el perfil sensorial en la Figura 11, donde se muestran los atributos que mejor describieron a las seis muestras de quesos frescos analizadas. Para evaluar la intensidad de los diferentes tratamientos de quesos frescos durante el catado se utilizó una escala de 9 puntos no estructurada, partiendo de esta evaluación en el perfil sensorial se muestran líneas de color que representa un tratamiento.

Con respecto al atributo de color blanco (CB), en el tratamiento QF5 fue en el que se percibió con mayor intensidad con respecto al resto de los tratamientos con un valor de 7. Para porosidad (PS) en el tratamiento QF1 fue el de mayor intensidad. Para el atributo de firmeza (FM) con valor de 6.7 los panelistas lo percibieron con mayor intensidad en el tratamiento QF0. El tratamiento de sensación grasosa (SG) en tacto con valor de 6.0 fue percibido con mayor intensidad en el tratamiento QF4 con valor de 3.5% de GV adicionada. Con respecto al atributo de cremoso en gusto (CG) con valor de 5.3, el tratamiento con mayor concentración de GV adicionada (QF5: 5.0%) fue el de mayor intensidad.

En acidez (AC) los tratamientos QF2 y QF4 obtuvieron calificaciones similares (5.6) por los panelistas y fueron percibidos con mayor intensidad. Con respecto al atributo aroma a rancio (AR) los tratamientos QF3 y QF4, fueron los de mayor intensidad con un valor de 5.3 y los que no mostraron diferencia significativa entre sí. Para el atributo de resabio a rancio (RR) este fue percibido con mayor intensidad (valor de 5.2) por parte de los panelistas en el tratamiento QF3.

Los atributos de firmeza, cremoso en gusto y acidez ya han sido utilizados por Cunha et al. (2009), Ritvanen et al. (2005) y Alvarado et al. (2013) como atributos para describir un queso, los cuales han sido percibidos por catadores durante la obtención de un perfil sensorial. Ritvanen et al. (2005) realizó una investigación donde relaciona los atributos sensoriales del gusto de los consumidores en los quesos con diferentes contenidos de grasa.

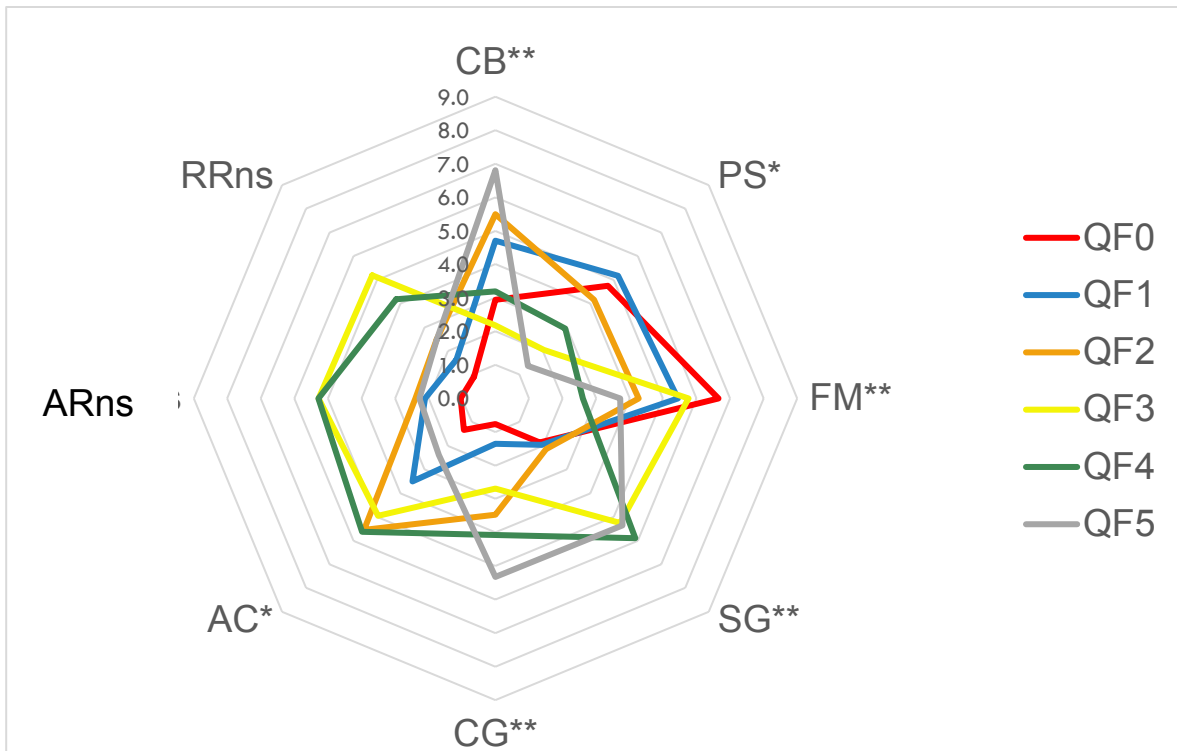


Figura 11. Perfil sensorial de las muestras de quesos. ***= $p < 0.001$; **= $p < 0.01$; *= $p < 0.05$ y ns= no significativo

La composición química de los quesos se analizó con el fin de evaluar su efecto sobre la calidad sensorial. Los quesos estudiados fueron Finlandia (70%) e importados (30%) de tipo Havarti, Edam y quesos tipo Emmental y sus versiones reducidas en grasas. Un análisis descriptivo cuantitativo fue desarrollado para crear perfiles sensoriales de las muestras de queso. La categoría de calidad se utilizó para evaluar la calidad sensorial de los lotes de queso incluidos en el estudio. Se analizaron las concentraciones de materia seca, grasa, sal y aminoácidos libres. Durante las pruebas los consumidores clasificaron las muestras de acuerdo al agrado de la apariencia, sensación en la boca y el sabor y también gusto general. Cunha et al. (2010) analizaron los quesos “*Requeijão Cremoso*” brasileños análogos, elaborados mediante la sustitución de 25 y 50% de la grasa láctea con grasa vegetal, y fueron estudiados con respecto a la aceptación sensorial. Durante el análisis sensorial, el queso tradicional y el análogo con un 50% de grasa vegetal tuvieron mejores evaluaciones que el queso análogo con un 25% de grasa vegetal.

Los tratamientos QF4 y QF5 son de mucha similitud, debido a que la distancia que existe entre ellos es menor que entre los tratamientos QF0, QF1, QF2 y QF3. Esto es debido a que ellos contienen la mayor concentración de GV (3.5 y 5%), con respecto al control (QF1) que es que presenta el menor contenido de GV adicionada; esto hace que los panelistas hayan detectado esta particularidad en los tratamientos QF4 y QF5 (Bachmann, 2001). En la Figura 12 se presentan los resultados del análisis de componentes. Se observó que los tratamientos QF0 y QF1 se caracterizaron más por los atributos de firmeza (FM) y porosidad (PS), mientras que los tratamientos QF3 y QF4 se caracterizaron por los atributos de aroma a rancio (AR), resabio a rancio (RR) y acidez (AC). Con respecto a los tratamientos con mayor concentración de GV (QF4 y QF5) se caracterizaron por ser cremosos en gusto (CG), tener una coloración blanca (CB) y presentar sensación cremosa en tacto (SG). Es decir, a medida que se incrementaba la concentración de GV en los quesos frescos tratados la sensación de un queso con atributos relacionados con la grasa se hicieron más acentuados.

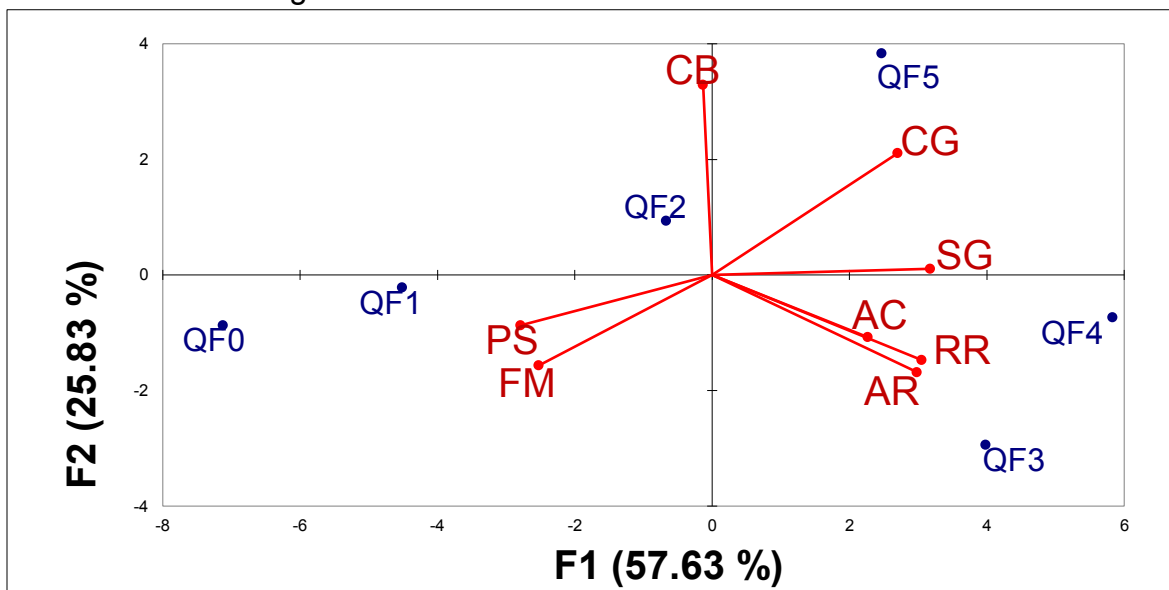


Figura 12. Proyección de los quesos y atributos de las dos primeras dimensiones del análisis de componentes. Ejes F1 y F2: 83.46%.

La correlación de los datos fisicoquímicos con lo obtenidos del perfil sensorial es mostrada en la Figura 13. Se observó que los atributos sensoriales de firmeza y porosidad se correlacionaron con los parámetros fisicoquímicos de luminosidad,

concentración de proteína y humedad, y los resultados del ATP: dureza, gomosidad, cohesividad y adhesividad principalmente en los quesos QF0, QF1 y QF2. Mientras que los parámetros fisicoquímicos de ángulo hue y contenido de grasa se correlacionaron ($R^2 = 0.81$) con los atributos sensoriales de color blanco, sensación cremosa en tacto y cremoso en gusto que caracterizaban a los tratamientos QF3, QF4 y QF5. Estos últimos resultados son consistentes, debido a que mayor adición de GV en los últimos tres tratamientos fueron correlacionables con los atributos sensoriales: SG y CG, y con el contenido de grasa en al AQP. Asimismo el h° fue relacionado con el color blanco de los quesos que percibían los panelistas. Algo similar a esta correlación encontró Cunha et al. (2010), quienes observaron que el color percibido por los panelistas y lo reportado por la evaluación instrumental se correlacionaban con el queso análogo que contenía la mayor concentración de GV (50%), demostrando que este se diferencia del queso tradicional que también fue analizado.

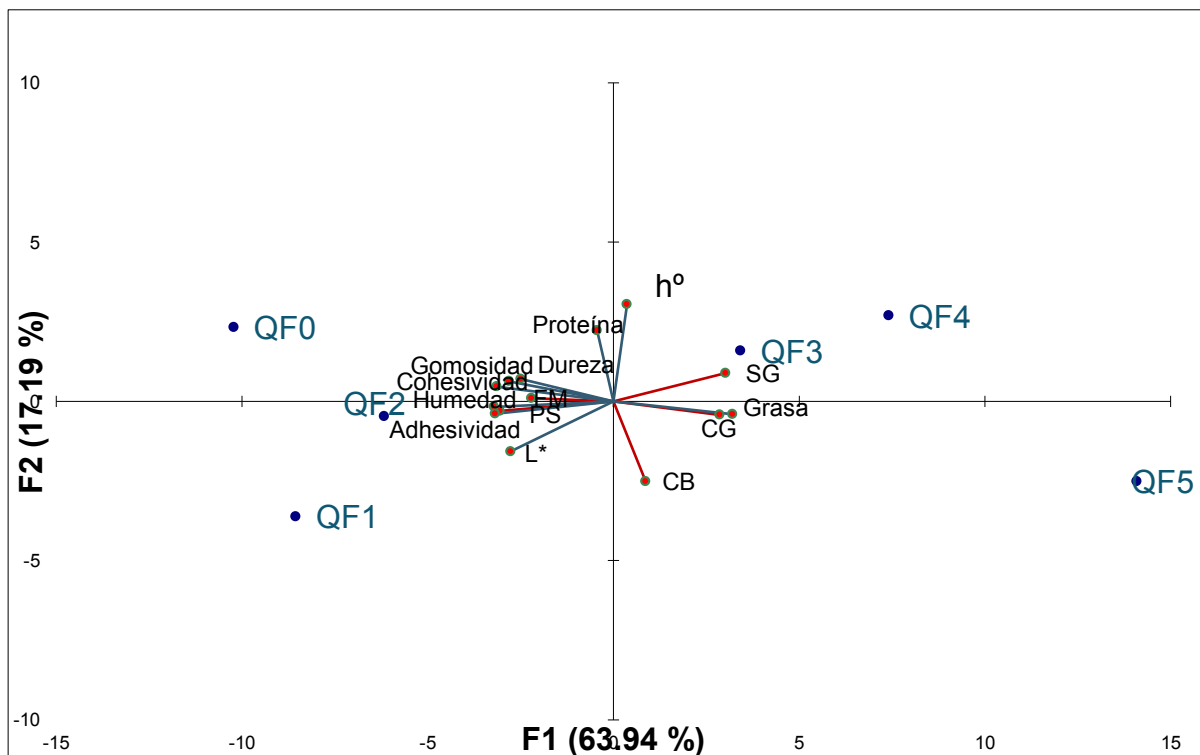


Figura 13. Correlación de datos fisicoquímicos entre los resultados obtenidos del perfil sensorial. Ejes F1 y F2.

4.5 PERFIL LIPÍDICO

En la Tabla 12 se muestran los resultados del análisis de perfil lipídico de los quesos control y tratados con grasa GV, veinticuatro ácidos grasos fueron identificados con base a tiempos de retención obtenidos al utilizar un estándar de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME Mix C:4-C:24).

Donde se observó que el tratamiento QF0 presentó mayor proporción de ácidos grasos de cadena media (53.73%) y una menor proporción de ácidos grasos de cadena larga (35.21%) y corta (11.03%). Con respecto a los ácidos grasos de cadena corta los tratamientos QF1 y QF2 fueron similares significativamente de igual manera que los tratamientos QF0 y QF3 con una $p < 0.05$. En los ácidos grasos de cadena media se observó una diferencia estadísticamente significativa entre todos los tratamientos y con el queso control. Mientras que en los ácidos grasos de cadena larga todos los tratamientos mostraron diferencias significativas con el control y entre ellos mismos, excepto los quesos QF2 y QF3 que mostraron similitud significativa. Asimismo, los ácidos grasos de cadena larga aumentaron su concentración significativamente en los quesos adicionados con GV. Mientras que los ácidos grasos de cadena media disminuyeron significativamente su concentración.

También en los ácidos grasos saturados se observó diferencia significativa entre todos los tratamientos y el control, sin embargo el tratamiento QF0 fue el de mayor contenido (69.71%). De igual manera, se observó una tendencia a la disminución del contenido de los ácidos grasos saturados en aquellos tratamientos con mayor concentración de GV. Los ácidos grasos mono-insaturados mostraron diferencia significativa entre los distintos tratamientos. Logrando observar una disminución de 22.67 a 9.94% de estos ácidos grasos. Con respecto a los ácidos grasos poli-insaturados, se observó que el tratamiento QF0 fue el de menor porcentaje (7.66%). También existió diferencia significativa entre los cinco tratamientos, sin embargo, de manera inversa al comportamiento de ácidos grasos saturados y mono-insaturados, se mostró una tendencia al aumento de los ácidos grasos poli-insaturados en

aquellos quesos frescos con mayor concentración de GV, alcanzando un mayor contenido de éstos en QF5 con 42.61%.

Tabla 12. Porcentajes de ácidos grasos en quesos frescos por cromatografía de gases

Grupo de ácido graso	QF0	QF1	QF2	QF3	QF5
C4:0	0.70±0.01 ^a	0.69±0.01 ^a	0.78±0.01 ^{ab}	1.43±0.01 ^c	2.73±0.28 ^d
C6:0	2.91±0.01 ^d	1.76±0.03 ^a	1.76±0.02 ^a	2.60±0.03 ^b	4.17±0.05 ^e
C8:0	0.49±0.01 ^b	0.41±0.01 ^a	0.51±0.01 ^b	1.54±0.03 ^c	2.81±0.01 ^d
C10:0	0.63±0.01 ^a	1.03±0.01 ^b	0.67±0.01 ^a	0.58±0.01 ^a	1.09±0.01 ^c
C11:0	0.49±0.01 ^a	0.78±0.03 ^b	0.51±0.01 ^a	0.45±0.04 ^a	0.44±0.02 ^a
C12:0	5.82±0.01 ^d	3.86±0.12 ^a	3.94±0.08 ^a	4.48±0.08 ^b	3.14±0.02 ^c
Ácidos grasos de cadena corta¹	11.03±0.01 ^b	8.53±0.14 ^a	8.18±0.11 ^a	11.07±0.05 ^b	14.38±0.22 ^c
C13:0	0.40±0.01 ^{ab}	0.55±0.01 ^{abc}	0.34±0.01 ^a	0.80±0.04 ^c	0.44±0.01 ^{ab}
C14:0	7.88±0.01 ^e	5.40±0.01 ^b	5.04±0.06 ^c	4.39±0.03 ^b	3.40±0.01 ^a
C15:0	0.00±0.00 ^a	6.82±0.00 ^d	6.23±0.06 ^d	5.29±0.04 ^c	4.18±0.01 ^b
C15:1	0.38±0.00 ^d	0.35±0.00 ^c	0.28±0.01 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
C16:0	41.47±0.06 ^e	33.25±0.08 ^d	32.66±0.24 ^c	31.05±0.20 ^b	29.99±0.07 ^a
C16:1	3.66±0.00 ^c	3.27±0.01 ^a	3.44±0.03 ^b	3.27±0.02 ^a	3.67±0.01 ^c
Ácidos grasos de cadena media²	53.73±0.02 ^e	49.65±0.09 ^d	47.99±0.39 ^c	44.80±0.26 ^b	41.68±0.11 ^a
C17:0	7.00±0.01 ^d	5.61±0.02 ^c	5.53±0.04 ^c	5.14±0.04 ^b	4.95±0.02 ^a
C18:1 N9C	16.29±0.03 ^d	14.02±0.05 ^a	13.98±0.09 ^a	14.61±0.09 ^b	15.51±0.03 ^c
C18:2 N6T	3.97±0.00 ^a	4.44±0.13 ^b	5.74±0.08 ^c	6.18±0.06 ^d	6.93±0.06 ^e
C18:2 N6C	1.95±0.01 ^a	2.22±0.09 ^b	2.95±0.02 ^c	2.76±0.03 ^d	3.47±0.02 ^e
C18:3 N6	0.00±0.00 ^a	7.26±0.03 ^b	8.31±0.01 ^c	8.91±0.08 ^d	10.93±0.03 ^e
C20:1	2.34±0.04 ^d	1.85±0.00 ^c	0.61±0.00 ^a	1.61±0.17 ^{bc}	1.33±0.01 ^b

C18:3 N3	0.76±0.02 ^d	0.66±0.00 ^c	0.66±0.01 ^{bc}	0.60±0.02 ^a	0.61±0.01 ^b
C21:0	1.92±0.00 ^d	1.54±0.03 ^c	1.51±0.05 ^c	1.36±0.03 ^b	0.47±0.06 ^a
C20:2	0.98±0.00 ^c	1.04±0.01 ^c	0.47±0.20 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
C22:0	0.00±0.00 ^a	1.69±0.06 ^{bc}	2.01±0.30 ^c	1.44±0.02 ^b	1.56±0.03 ^{bc}
C20:3 N6	0.00±0.00 ^a	0.77±0.38 ^b	0.71±0.03 ^b	0.00±0.00 ^a	0.63±0.02 ^b
C23:0	0.00±0.00 ^a	0.52±0.00 ^b	0.49±0.00 ^b	0.00±0.00 ^a	0.43±0.01 ^b
Ácidos grasos de cadena larga³	35.21±0.05 ^a	41.63±0.03 ^b	42.95±0.72 ^c	42.60±0.03 ^{bc}	46.81±0.11 ^d
AGS	69.71±0.00 ^a	63.93±0.00 ^b	58.15±0.00 ^c	52.38±0.00 ^d	46.60±0.00 ^e
AGMI	22.67±0.01 ^a	19.48±0.01 ^b	16.30±0.01 ^c	13.12±0.02 ^d	9.94±0.00 ^e
AGPI	7.66±0.00 ^a	16.39±0.00 ^b	25.13±0.01 ^c	33.87±0.00 ^d	42.61±0.02 ^e

AG= Ácidos grasos.²Suma total de C14:0 a C17:1. ³Mayores a C:17; AGS= Ácidos grasos saturados; AGMI= Ácidos grasos mono-insaturados; AGPI= Ácidos grasos poli-insaturados. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0.05$).

Estos porcentajes de ácidos grasos encontrados en el queso control, ya han sido anteriormente reportados con datos similares en quesos por otros autores (Esposito et al., 2014, Vargas-Bello-Pérez et al., 2015 y Bodkowski et al., 2013).

Tomando como referencia lo reportado con Vargas-Bello-Pérez (2015) estos autores mostraron que en un queso control, la mayor proporción la tienen los ácidos grasos saturados (68.21%), de ácidos grasos mono-insaturados (22.86%) y también fue el que presentó el menor contenido de ácidos grasos poli-insaturados, similar a lo encontrado en este trabajo.

Cabe hacer mención que el cromatógrafo de gases si logró detectar diferencias significativas a partir de 0.5% de grasa vegetal adicionada a los quesos frescos, pero el tiempo empleado en la obtención y análisis de resultados fue muy prolongado, los estándares fueron caros (todos ellos de importación y susceptibles al tipo de cambio actual del peso con respecto al dólar) y la interpretación es muy compleja para agrupar a los ácidos grasos.

4.6 PERFIL TÉRMICO

En la figura 14 se ilustra el termograma de los quesos tratados con GV obtenido en este trabajo, el cual se asemeja en forma a lo reportado por Szulc et al. (2016), quienes analizaron leches en polvo.

Estos autores observaron 2 picos endotérmicos situados entre 16.75 y 38.28 °C, los cuales son típicos de la grasa de la leche e indican el punto de fusión de la grasa láctea en este intervalo de temperatura. Por otro lado, Fitzpatrick et al. (2007) mostraron que el contenido de grasa en leches en polvo influye en el curso de las curvas del análisis por DSC.

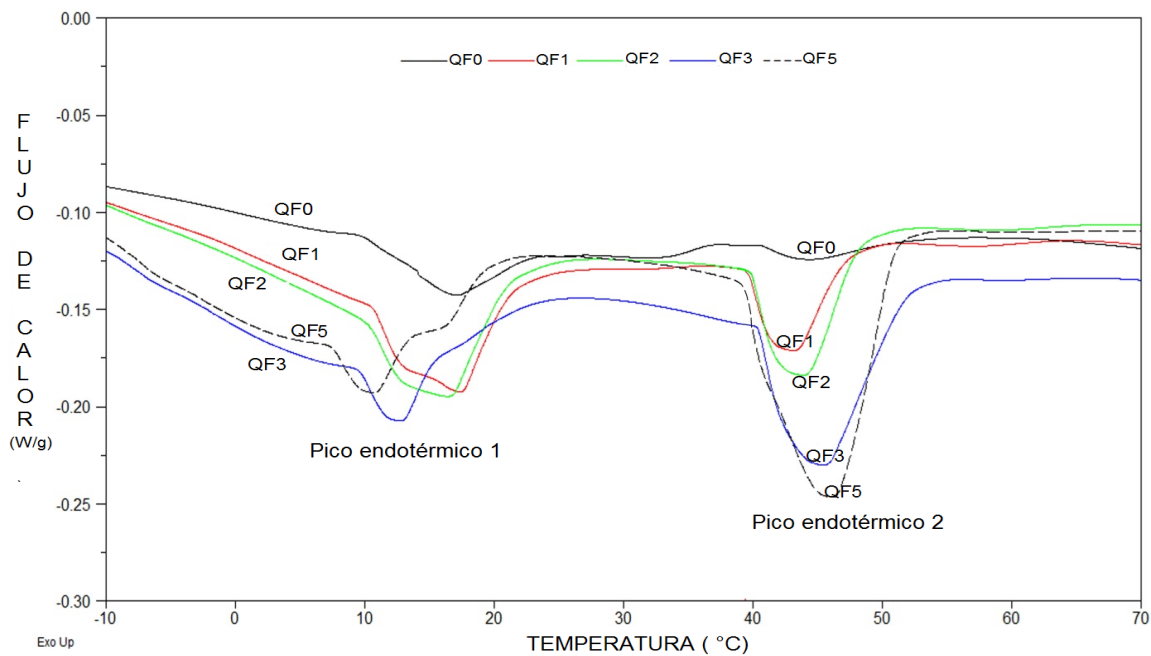


Figura 14. Termograma de quesos frescos tratados con GV.

Con base a los resultados encontrados en estos quesos tratados con GV hasta 5.0%, se observó que los picos endotérmicos obtenidos se situaron a una temperatura de fusión entre 11.07 y 47.19 °C.

En la Tabla 13 se muestran los valores obtenidos en los dos picos endotérmicos con respecto a la temperatura de fusión y la entalpía de fusión. El primer pico

endotérmico se situó entre 11.07 °C para la muestra QF5 y 17.23 °C para la muestra QF0. Con respecto a la temperatura de fusión del primer pico endotérmico se observó que el tratamiento QF0 fue el de mayor temperatura de fusión mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos ($p < 0.05$) excepto el tratamiento QF1. Lo cual se presentó una tendencia a la disminución de dicha temperatura de fusión a medida que a los quesos se les incrementaba la grasa vegetal. Con respecto a la entalpía de fusión del primer pico endotérmico este fue menor para el tratamiento QF0 (2.00 J/g), mientras, que los tratamientos QF1, QF2, QF3 y QF5 fueron similares significativamente entre ellos, teniendo el valor más alto el QF2 (5.57 J/g), pero diferentes significativamente con respecto a la entalpía del tratamiento QF0.

Tabla 13. Propiedades térmicas de los quesos frescos.

Con respecto al segundo pico endotérmico la temperatura de fusión fue diferente

	Pico Endotérmico 1		Pico Endotérmico 2	
	Temperatura de fusión (°C)	Entalpía de fusión (J/g)	Temperatura de fusión (°C)	Entalpía de fusión (J/g)
QF0	17.23 ± 0.23 ^a	2.00 ± 0.62 ^a	44.77 ± 0.70 ^c	0.45 ± 0.01 ^a
QF1	17.20 ± 0.24 ^a	4.32 ± 0.49 ^{bc}	43.35 ± 0.13 ^a	2.72 ± 0.21 ^b
QF2	16.36 ± 0.44 ^b	5.57 ± 0.15 ^c	43.94 ± 0.05 ^b	4.56 ± 0.53 ^c
QF3	13.68 ± 0.20 ^c	4.23 ± 1.61 ^{bc}	47.19 ± 0.05 ^e	5.61 ± 0.07 ^c
QF5	11.07 ± 0.39 ^d	3.25 ± 0.45 ^{ab}	46.18 ± 0.04 ^d	11.27 ± 1.60 ^d

ΔH = entalpía de fusión. Los resultados son el promedio de tres determinaciones \pm la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

significativamente en todos los tratamientos. Teniendo el valor más bajo (43.35 °C) el QF1 y el más alto (47.19 °C) el QF3, todas las temperaturas diferentes al QF0, mientras que la entalpía de fusión mostró que los tratamientos QF2 y QF3 fueron similares significativamente (4.56 y 5.61 J/g respectivamente), pero diferentes al

queso control (QF0) con un valor de 0.45 J/g, siendo este el valor más bajo del segundo pico endotérmico.

De acuerdo a Knothe y Dunn en 2009, quienes evaluaron los puntos de fusión de ácidos grasos, reportaron que existen numerosos factores estructurales que influyen en el punto de fusión de un compuesto orgánico, los cuales son: peso molecular, número y configuración de dobles o triples enlaces, ramificaciones, longitud de la cadena, entre otros. Por otro lado, Marangoni y Lencki en 1998 reportaron que la temperatura de fusión y la entalpia de fusión son más elevadas para los ácidos grasos saturados que los ácidos grasos poli-insaturados. López et al. (2006) observaron que la diversidad de ácidos grasos y triacilglicéridos que contiene la leche se caracterizan cada uno por su propio punto de fusión, presentando un intervalo de punto de fusión, que es desde aproximadamente -40 a 40 °C. También Dos-Santos et al. (2016), mencionaron que los triacilglicéridos son los compuestos químicos responsables del punto de fusión. Por lo tanto la posición de los ácidos grasos en los triglicéridos presenta un papel importante. De acuerdo a lo encontrado en la literatura y los resultados obtenidos de los quesos frescos analizados en el termograma (Figura 16); el pico endotérmico 2 corresponde a una familia de triacilglicéridos conformado por ácidos grasos saturados, debido a que este pico presentó la mayor temperatura de fusión en relación al pico endotérmico 1, el cual de acuerdo a las temperaturas de fusión encontradas en este último pico, podría corresponder a ácidos grasos poli-insaturados, debido a que estos funden a menor temperatura.

Everett y Auty en 2008 reportaron que el DSC es una técnica que también puede ser utilizada para identificar el tipo de leche utilizada en la fabricación de quesos o en el examen de las diferencias en el punto de fusión de los quesos. Permitiendo diferenciar entre queso natural Mozzarella y la imitación Mozzarella hecho de caseinato de calcio, a través de las propiedades de cristalización de la grasa de la leche en el queso. Por consiguiente López et al. (2006) concluyeron que el DSC es

una herramienta útil para discriminar entre un queso natura Emmental y uno adulterado por GV.

En general, el uso de técnicas analíticas no es suficiente para obtener información confiable sobre la autenticidad o adulteración de un producto lácteo, por lo que es necesario el uso de diferentes técnicas estadísticas acopladas a los datos obtenidos del perfil térmico (Kamal y Karoui, 2015).

1.7 Análisis de Clúster acoplado a los datos de Calorimetría de barrido diferencial

El análisis de Clúster de los resultados obtenidos del perfil térmico es presentado en la Figura 17. Fue posible establecer 3 grupos bien definidos de los quesos tratados con GV y el queso control, cuyas características se presentan en la Tabla 14.

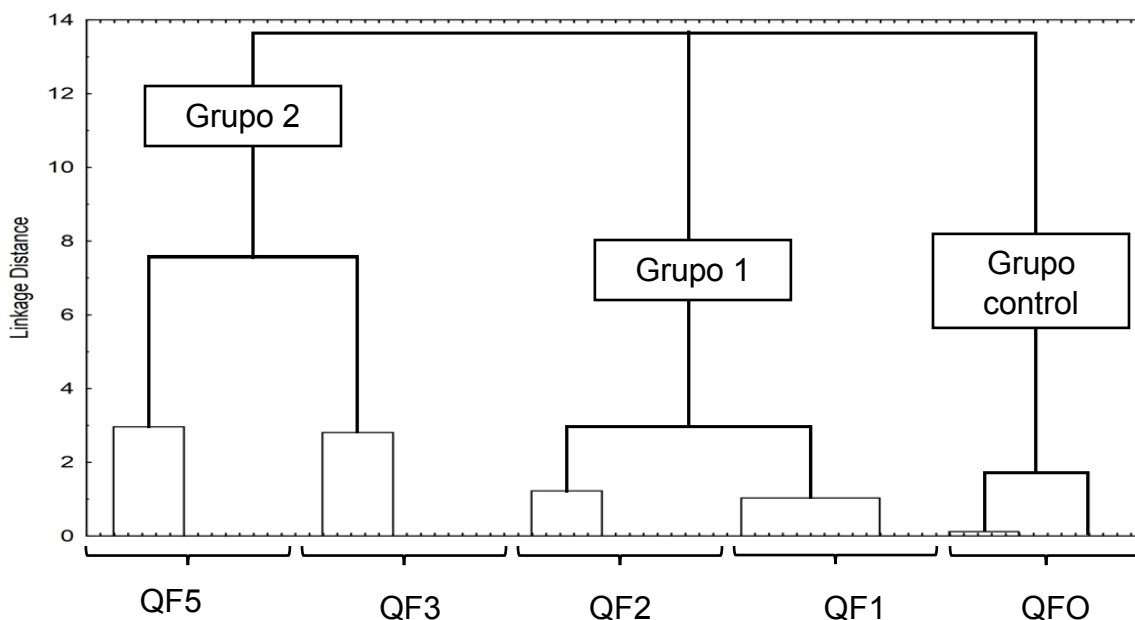


Figura 15. Análisis de Clúster de quesos frescos.

En la tabla 14 se observaron diferencias significativas entre los tres grupos, con respecto a la temperatura y entalpía de fusión del pico endotérmico 1 y 2. El grupo control está conformado por el tratamiento QF0 (sin adición de GV), grupo uno está

formado por los quesos QF1 y QF2; mientras que el grupo dos está integrado por los tratamientos QF3 y QF5.

Por lo que los resultados obtenidos del perfil térmico acoplado al análisis de Clúster fue posible detectar adulteraciones a partir del 0.5% de GV añadida, similar al obtenido por cromatografía de gases que logró detectar cambios a partir de 0.5% de GV.

Estos resultados fueron similares a lo observado por Dahimi et al. (2014), donde utilizaron los datos del perfil térmico acoplado al análisis de componentes principales para determinar la contaminación cruzada de las grasas animales (pollo, cerdo y res). Logrando identificar muestras contaminadas con grasa de cerdo en concentraciones a partir del 0.5%.

Tabla 14. Análisis de Clúster de quesos.

	Grupo control	Grupo 1	Grupo 2
TF pico 1	17.226 ± 0.230 ^b	16.57 ± 0.560 ^a	12.380 ± 1.454 ^c
ΔH pico 1	1.995 ± 0.621 ^a	4.946 ± 0.759 ^c	3.739 ± 1.181 ^b
TF pico 2	44.773 ± 0.701 ^b	43.646 ± 0.332 ^a	46.683 ± 0.556 ^c
ΔH pico 2	0.454 ± 0.006 ^a	3.641 ± 0.871 ^b	8.441 ± 3.26 ^c

V. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

- El contenido de grasa en los quesos frescos tratados se incrementó de 12.25 a 41.00% y en esta medida se fue reduciendo el contenido de humedad y aumentando la concentración de proteína. Por lo que, el queso fresco adicionado con 5.0% de GV fue el de menor contenido de humedad y mayor concentración de proteína.
- Las concentraciones superiores al 1.0% de grasa vegetal incrementaron los valores de h° , dureza y luminosidad de los quesos tratados.
- En el análisis de perfil de textura, se observó que el parámetro de dureza se correlacionó con los parámetros de cohesividad y gomosidad.
- El panel de catadores logró discriminar los quesos adulterados a partir de 2.5% de grasa vegetal mediante un perfil sensorial con base en los atributos color blanco, cremoso en gusto y sensación grasosa.
- Los resultados obtenidos de la calorimetría de barrido diferencial al igual que la cromatografía de gases mostraron que fue posible discriminar el efecto de la adición de grasa vegetal en quesos frescos a partir de 0.5%.
- El método empleado con DSC fue el de un análisis de resultados más rápido de interpretar que el de la cromatografía de gases, a través de la determinación de temperaturas y calores de fusión y el análisis de Clúster. Siendo posible proponerlo como un método confiable dentro de la industria quesera para detectar una adulteración por adición de grasa vegetal.

VI. REFERENCIAS

6. REFERENCIAS

- Aday S. & Karagul Y. (2014). Physicochemical and Sensory Properties of Mihalic Cheese. *Int. J. Food Prop.* 17, 2207–2227
- Alvarado, J. G., Almaraz, D. R., Canul, L. R. & Rivera, E. (2013). Determination of the quality of cheese" Chihuahua" type: Sensory and physicochemical approaches. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(6), 409.
- Álvarez-González, A., Támara Hernández, Álvarez Gil, F., Besada Pérez, V. A. & González López, L. J. (2014). Calificación de un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890A utilizado en la industria biotecnológica. *Revista Cubana de Farmacia*, 48(3), 350-358.
- Ansari, P., & Häubl, G. (2016). Determination of cyclopiazonic acid in white mould cheese by liquid chromatography–tandem mass spectrometry (HPLC–MS/MS) using a novel internal standard. *Food chemistry*, 211, 978-982
- Aquino, L. F. M. C., Silva, A. C. O., Freitas, M. Q., Felicio, T. L., Cruz, A. G. & Conte-Junior, C. A. (2014). Identifying cheese whey an adulterant in milk: Limited contribution of a sensometric approach. *Food Research International*, 62, 233-237.
- Bachmann, H. (2001). Cheese analogues: a review. 11, 505-515.
- Bansal, S., Singh, AMangal, M., Mangal, A. K. & Kumar, S. (2015). Food Adulteration: Sources, Health Risks and Detection Methods. *Critical reviews in food science and nutrition*.
- Bodkowski, R., Czyż, K., Kupczyński, R., Patkowska-Sokoła, B., Nowakowski, P. & Wiliczekiewicz, A. (2016). Lipid complex effect on fatty acid profile and chemical composition of cow milk and cheese. *Journal of dairy science*, 99(1), 57-67.
- Borkovcová, I., Janoušková, E., Dračková, M., Janštová, B. & Vorlová, L. (2009). Determination of sterols in dairy products and vegetable fats by HPLC and GC methods. *Czech J Food Sci*, 27, S217-219.

Brighenti, M., Govindasamy-Lucey, S., Lim, K., Nelson, K. & Lucey, J. A. (2008). Characterization of the rheological, textural, and sensory properties of samples of commercial US cream cheese with different fat contents. *Journal of dairy science*, 91(12), 4501-4517.

Briñez, W. J., Valbuena, E., Castro, G., Tovar, A. & Ruiz-Ramírez, J. (2008). Algunos parámetros de composición y calidad en leche cruda de vacas doble propósito en el municipio machiques de perijá. Estado zulia, venezuela. *Revista Científica*, 18(005), 607-617.

Charlebois, S., Schwab, A., Henn, R. & Huck, C. W. (2016). Food fraud: An exploratory study for measuring consumer perception towards mislabeled food products and influence on self-authentication intentions. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 211-218.

Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jeangros, B. & Bosset, J. O. (2002). Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *International Dairy Journal*, 12(8), 649-659.

Cunha, C. R., Dias, A. I. & Viotto, W. H. (2010). Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, 43(3), 723-729.

Dahimi, O., Rahim, A. A., Abdulkarim, S. M., Hassan, M. S., Hashari, S. B. Z., Mashitoh, A. S. & Saadi, S. (2014). Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration. *Food chemistry*, 158, 132-138.

Deelstra, H., Burns, D. T. & Walker, M. J. (2014). The adulteration of food, lessons from the past, with reference to butter, margarine and fraud. *European Food Research and Technology*. 239(5), 725-744.

Delahunty, C. M. & Drake, M. A. (2004). Sensory character of cheese and its evaluation. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, 1, 455-487.

Delmonte, P., Fardin-Kia, A. R., Kramer, J. K., Mossoba, M. M., Sidisky, L., Tyburczy, C. & Rader, J. I. (2012). Evaluation of highly polar ionic liquid gas chromatographic column for the determination of the fatty acids in milk fat. *Journal of Chromatography A*, 1233, 137-146.

Di Grigoli A., Francesca N., Gaglio R., Guarrasi V., Moschetti M., Scatassa M.L., Serranni L.A. & Bonanno A. (2015). The influence of the wooden equipment employed for cheese manufacture on the characteristics of a traditional stretched cheese during ripening. *Food microbiol.* 46, 81–91.

Domínguez, M. R. L. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. *Instituto de Investigación Nutricional–IIN Consultora-AgroSalud.*

Dos-Santos, M. T., Gerbaud, V. & Le Roux, G. A. C. (2012). Comparison of predicted and experimental DSC curves for vegetable oils. *Thermochimica acta*, 545, 96-102.

Espinoza, T., Mesa, F. . R., Valencia, E. & Quevedo, R. (2015). Scientia Agropecuaria ARTÍCULO DE REVISIÓN Tipos de fraudes en carnes y productos cárnicos : una revisión Types of fraud in meat and meat products : a review. 6(3), 223–233.

Esposito, G., Masucci, F., Napolitano, F., Braghieri, A., Romano, R., Manzo, N. & Di Francia, A. (2014). Fatty acid and sensory profiles of Caciocavallo cheese as affected by management system. *Journal of dairy science*, 97(4), 1918-1928.

Everett, D. W. & Auty, M. A. (2008). Cheese structure and current methods of analysis. *International Dairy Journal*, 18(7), 759-773.

Fernández Álvarez, S. (2013). Estudio de la textura de tres quesos azules asturianos. Análisis instrumental y organoléptico.

Fitzpatrick, J. J., Barry, K., Cerqueira, P. S. M., Iqbal, T., O'neill, J. & Roos, Y. H. (2007). Effect of composition and storage conditions on the flowability of dairy powders. *International Dairy Journal*, 17(4), 383-392.

González Ramírez, E. (2010). "Caracterización de la composición fisicoquímica del queso fresco elaborado artesanalmente en sehuilaca municipio de Minatitlán Veracruz". Tesis de licenciatura. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad veracruzana. Veracruz, Ver.

Herman-Lara, E., Santos-Blanco, V. M., Vivar-Vera, M. A., García, H. S., Ochoa-Martínez, L. A. & Martínez-Sánchez, C. E. (2012). Conjugated linoleic acid content in selected Mexican beef and dairy products. *CyTA-Journal of Food*, 10(1), 71-77.

Hernández, A. G. D. (2010). *Tratado de Nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos* (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana.

Hernández-Morales C., Hernández-Montes A., Aguirre-Mandujano E., de Gante V.A. (2010). Physicochemical, microbiological, textural and sensory characterization of Mexican Añejo cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 63, 552–560.

Hleap, J. L. & Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Biotecnología en el Sector agropecuario y agroindustrial*, 8(2), 46-56.

Jimenez-Maroto, L. A., Lopez-Hernandez, A., Borneman, D. L. & Rankin, S. A. (2016). A comparison of fresh, pasta filata, and aged Hispanic cheeses using sensory, chemical, functional, and microbiological assessments. *Journal of dairy science*, 99(4), 2680-2693.

Kalivas, J. H., Georgiou, C. A., Moira, M., Tsafaras, I., Petrakis, E. A. & Mousdis, G. A. (2014). Food adulteration analysis without laboratory prepared or determined reference food adulterant values. *Food chemistry*, 148, 289-293.

Kamal, M. & Karoui, R. (2015). Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 27-48.

Karoui, R. & De Baerdemaeker, J. (2007). A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products. *Food Chemistry*, 102 (3), 621-640.

Kesenkaş, H., Dinkçia, N., Seçkinb, A. K., Kinika, Ö. & Gönç, S. (2009). The effect of using vegetable fat blend on some attributes of kashar cheese. *Grasas y Aceites*, 60(1), 41-47.

Kim, N. S., Lee, J. H., Han, K. M., Kim, J. W., Cho, S. & Kim, J. (2014). Discrimination of commercial cheeses from fatty acid profiles and phytosterol contents obtained by GC and PCA. *Food chemistry*, 143, 40-47.

Kulmyrzaev, A., Dufour, E., Noël, Y., Hanafi, M., Karoui, R., Qannari, E. M. & Mazerolles, G. (2005). Investigation at the molecular level of soft cheese quality and ripening by infrared and fluorescence spectroscopies and chemometrics—relationships with rheology properties. *International Dairy Journal*, 15(6), 669-678.

Knothe, G. & Dunn, R. O. (2009). A comprehensive evaluation of the melting points of fatty acids and esters determined by differential scanning calorimetry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(9), 843-856.

Lobato-Caballero, C. Reyes-Hernández, J., Beristain, C.I., Hornelas-Uribe, Y., Sánchez-García, J.E. & Vernon-Carter, E.J. (2007). Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Research International*. 40, 529-537.

López, C., Briard-Bion, V., Camier, B. & Gassi, J. Y. (2006). Milk fat thermal properties and solid fat content in Emmental Cheese: a differential scanning calorimetry study. *Journal of dairy science*, 89 (8), 2894-2910.

López-Velázquez, J., Gómez-Alvarado, T., Hernández-Cervantes, M., Santiago-Cabrera, R., Ramón-Canul, I.G., Juárez-Barrientos, J.M. & Ramírez-Rivera, E.D.J. (2012). Mapas externos de preferencias de jueces entrenados y consumidores: comparación del desempeño y determinación de la preferencia. *Tecnociencia chihuahua*, 6(1), 9-21.

Lohumi, S., Lee, S., Lee, H. & Cho, B. K. (2015). A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 85-98.

Loso, V., Gere, A., Györey, A., Kokai, Z. & Sipos, L. (2012). Comparison of the performance of a trained and an untrained sensory panel on sweetcorn varieties with the PanelCheck software. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 1, 77-83.

Magenis, R. B., Prudêncio, E. S., Fritzen-Freire, C. B., Stephan, M. P., do Egito, A. S. & Daguer, H. (2014). Rheological, physicochemical and authenticity assessment of Minas Frescal cheese. *Food Control*, 45, 22-28.

Mendoza, L. G., González-Álvarez, J., Gonzalo, C. F., Arias-Abrodo, P., Altava, B., Luis, S. V. & Gutiérrez-Álvarez, M. D. (2015). Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters of milk fat by an ionic liquid derived from L-phenylalanine as the stationary phase. *Talanta*, 143, 212-218.

Mortensen, G., Bertelsen, G., Mortensen, B.K. & Stapelfeldt, H. (2004). Light-induced changes in packaged cheeses -a review. *International Dairy Journal*. 14, 85-102.

NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

NORMA MEXICANA. NMX-F-710-COFOCALEC-2014. Sistema producto leche, alimentos lácteos, determinación de grasa en quesos, método de prueba.

Parada Quinayá, D. C., Estupiñán Durán, H. A., Peña Ballesteros, D. Y., Vásquez Quintero, C. & Laverde Cataño, D. (2009). Obtención, electrodeposición y caracterización de un recubrimiento polimérico bioabsorbible a partir de ácido L-

láctico para aplicaciones biomédicas. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 17(3), 365-374.

Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M. & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 68(1), 88-113.

Paz, R. J. S., Denoya, G. I., Languasco, J. M., & Della Rocca, P. A. (2013). Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica. *Proyecciones*, 69.

Perdomo González, N. (2010). "Evaluación de la calidad microbiológica de leche y queso fresco de prensa artesanal elaborado en el municipio de Jesús Carranza, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad veracruzana. Veracruz, Ver.

Pinho, O., Mendes, E., Alves, M.M. & Ferreira, I.M.(2004). Chemical, physical, and sensorial characteristics of "Terrincho" ewe cheese: Changes during ripening and intravarietal comparison. *Journal of Dairy Science*. 87(2):249-257

Póttorak, A., Wyrwicz, J., Moczowska, M., Marcinkowska-Lesiak, M., Stelmasiak, A., Ulanicka, U. & Sun, D. W. (2015). Correlation between instrumental texture and colour quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(4), 999-1008.

Pustjens, A. M., Weesepeel, Y. & van Ruth, S. M. (2015). Food Fraud and Authenticity: Emerging Issues and Future Trends. *Innovation and Future Trends in Food Manufacturing and Supply Chain Technologies*, 1, 3-20.

Ramírez-López, C. & Velez-Ruiz, J. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6-2.

Ramírez-Rivera, E.J. (2009). "Caracterización sensorial y análisis de las preferencias de las frituras tipo chips de malanga (*Colocasia esculenta*)". Tesis Maestría. Instituto Tecnológico de Tuxtepec.

Reis, M. G., Dos Reis, M. M., Leath, S., & Stelwagen, K. (2011). Direct analysis of fatty acid profile from milk by thermochemolysis–gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1218(2), 316-323.

Ritvanen, T., Lampolahti, S., Lilleberg, L., Tupasela, T., Isoniemi, M., Appelbye, U. & Uusi-Rauva, E. (2005). Sensory evaluation, chemical composition and consumer acceptance of full fat and reduced fat cheeses in the Finnish market. *Food Quality and Preference*, 16(6), 479-492.

Rodríguez-Miranda, J., Juárez-Barrientos, J. M., Hernández-Santos, B., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E., Torruco-Uco, J. G. & Ramírez-Rivera, E. D. J. (2014). Análisis sensorial descriptivo de algunas leches comerciales consumidas en Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(3), 269-279.

Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R. & Rodriguez-Saona, L. E. (2013). Rapid detection and quantification of milk adulteration using infrared microspectroscopy and chemometrics analysis. *Food chemistry*, 138(1), 19-24.

Santos-Blanco, V.M (2006). Estudio del contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en carne de pollo y cerdo y en queso ranchero, panela y tipo Oaxaca. *Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Bioquímico. Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Oaxaca.*

SECRETARIA DE ECONOMÍA (2012). Análisis del Sector Lácteo en México. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf. (Consulta: Noviembre, 2016).

SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2013). Boletín trimestral Diciembre-2016 de leche de bovina.

http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boetlech/Brochure%20leche_Diciembre2016.pdf
(Consulta: Diciembre, 2016).

SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2016). Boletín de leche. http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boetlech/B_leche_jul-sep_2016.pdf
(Consulta: Noviembre,2016).

Singh, P. & Gandhi, N. (2015). Milk preservatives and adulterants: processing, regulatory and safety issues. *Food Reviews International*, 31(3), 236-261.

Stănciuc, N. & Râpeanu, G. (2010). Identification of adulterated sheep and goat cheeses marketed in Romania by immunocromatographic assay. *Food and agricultural immunology*, 21(2), 157-164.

Suriñach, S., Baro, M. D., Bordas, S., Clavaguera, N, & Clavaguera-Mora, M. T. (1992). La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la Ciencia de Materiales. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr*, 31(1)

Szulc, K., Nazarko, J., Ostrowska-Ligeza, E. & Lenart, A. (2016). Effect of fat replacement on flow and thermal properties of dairy powders. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 653-658.

Üncüoğlu, D., İlaslan, K., Boyacı, İ. H. & Özay, D. S. (2013). Rapid detection of fat adulteration in bakery products using Raman and near-infrared spectroscopies. *European Food Research and Technology*, 237(5), 703-710.

Vargas-Bello-Pérez, E., Fehrmann-Cartes, K., Íñiguez-González, G., Toro-Mujica, P. & Garnsworthy, P. C. (2015). Short communication: Chemical composition, fatty acid composition, and sensory characteristics of Chanco cheese from dairy cows supplemented with soybean and hydrogenated vegetable oils. *Journal of dairy science*, 98(1), 111-117.

Vieitez, I., Irigaray, B., Callejas, N., González, V., Gimenez, S., Arechavaleta, A. & Gámbaro, A. (2016). Composition of fatty acids and triglycerides in goat cheeses

and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 95-101.

Villalobos, A. C. & Castro, M. L. P. (2009). Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agronomía mesoamericana*, 20(2), 297-309.

Villegas de Gante, A. (2004). Tecnología quesera. Editorial Trillas S.A. de C .V. México D.F.

Walstra, P. (2006). Principles of cheese making. Dairy Science and Technology. 577-582. Florida, USA.

Zhang, Q., Sui, X., Wang, Z., Li, Y. & Jiang, L. (2016). Differential scanning calorimetry study—Assessing the influence of composition of vegetable oils on oxidation. *Food chemistry*, 194, 601-607.

VII. ANEXOS

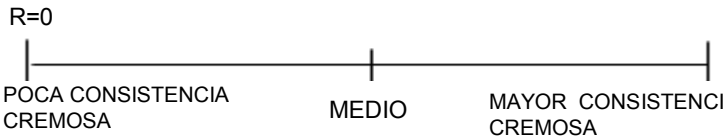

7. ANEXOS

ANEXO A

Nombre: _____ Fecha: _____

Evalúe las muestras de izquierda a derecha en el orden que se le da.

Atributo	Definición	Modo operativo	Escala
Color blanco	Color característico del queso fresco	Colocar el queso sobre una hoja blanca y observar a una distancia de 35 cm con una luz blanca	
Porosidad	Característica visible del queso al momento del corte	Analizar las caras del corte	
Firmeza	Resistencia que opone el producto a la deformación	Colocar la muestra en una hoja blanca y oprimir la muestra sin deformarla 3 veces con el dedo índice	
Ácido	Sensación ácida perceptible	Triturar y degustar por 10 segundos	
Sensación de grasa (tacto)	Residuo que deja la muestra de queso al tocarla	Poner la muestra entre dedos y frotar 2 veces	
Aroma a rancio	Aroma rancio	Poner la muestra entre muelas y presionar dos veces y escupirla	

Cre moso (gusto)	Consistencia cremosa	Colocar la muestra en la nta de la lengua y frotar con el paladar	<p>R=0</p>  <p>POCA CONSISTENCIA CREMOSA MEDIO MAYOR CONSISTENCIA CREMOSA</p>
Resabio a rancio	Sabor que queda después de deglutir el queso fresco	Deglutir el queso	<p>R=1.5</p>  <p>POCO RESABIO ARANCIO MEDIO MAYOR RESABIO A RANCIO</p>