



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE HIDALGO**
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

**“PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS
PRINCIPALES QUESOS ELABORADOS EN EL VALLE
DE TULANCINGO, HIDALGO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN QUIMICA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

P.L.Q.A: KAROL ESPERANZA MONROY GAYOSSO

DIRECCION: Dra. IRMA CARO CANALES
CODIRECCIÓN: Dr. JAVIER MATEO OYAGUE

PACHUCA DE SOTO, HGO., MARZO 2007

Parte de esta tesis de Licenciatura ha sido financiada a través del proyecto PROMEP/103.5/04/2759 “Caracterización de diversos Quesos Mexicanos con especial atención a los elaborados en el Valle de Tulancingo Hidalgo”.

Por otra parte, extendiendo un agradecimiento al Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos de la UNIVERSIDAD DE LEÓN (España) por su colaboración y apoyo para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por permitirme disfrutar de la vida, por darme una familia hermosa y por poner en mi camino personas con buenos sentimientos.

A mi directora de tesis, la **Dra. Irma Caro Canales** por todos sus conocimientos y sus consejos que me ayudaron a ser mejor persona, por todo el tiempo y la paciencia que dedico a este trabajo pero sobre todo por esas sonrisas que me hacían seguir adelante aunque los tiempos fueran adversos.

A mi codirector de tesis el **Dr. Javier Mateo Oyagûe** por dejarme ser parte de su equipo de trabajo, por todo el apoyo que me brindo y por todos los conocimientos que con gusto compartió conmigo.

A la **Dra. Hayde Alfaro** por todo el tiempo que dedico a esta tesis, por todos sus consejos y por enseñarme a ser una mejor persona en todos los ámbitos.

Al **Dr. Sergio Soto**, por todo el apoyo que recibí de su parte, por ayudarme a mejorar este trabajo y por esa alegría que compartía conmigo día con día.

Al **Dr. Juan Francisco Hernández**, por todo su apoyo, y por enseñarme a verle a la vida siempre el lado positivo y a nunca darme por vencida.

Al **Dr. Rafael Campos** y a la **M. en C Diana J. Pimentel** por todo el tiempo que le dedicaron a mi trabajo y por todo el apoyo que incondicionalmente me brindaron.

A la **M. en C. Irais Sánchez** por toda su comprensión su paciencia y por toda la ayuda que me dio a lo largo de este camino.

Ao **Dra. Ana Figueira** a ser interessado em meu trabalho e a ajudar remover-me avançou-o sem conhecer-me, por toda sua confiança e toda a sustentação que eu ofereço, obrigado muito, é sempre um prazer encontrar-se com como você.

Al instituto de ciencias agropecuarias (**ICAP**), por haberme permitido realizar este trabajo dentro de las instalaciones del Centro de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (**Cicyta**).

A todas las personas que formaron parte del panel de catadores en el análisis sensorial por todo su tiempo, su apoyo y su colaboración para la realización de este trabajo:

Adabella Suárez Vargas

Ana Laura Lira Ortiz

Rosalba Lira Ortiz

Angélica R. Olivares Reyes

Diana Pimentel González

Marilu Ramírez Abrego

Marco Antonio Lozada Carbajal

Lucio González Montiel

Socorro Palacios Vargas

Jesús Franco Fernández

Luís Martín Pérez Aldana

Irma Caro Canales

DEDICATORIAS

Con amor a mis padres **Alejandro y Lupita** por todo lo que me han dado por todo lo que me han enseñado, por sus consejos, su amor y su confianza, por hacer de mi lo que ahora soy, este logro es uno más para nuestro equipo.

A mis pequeñas quimiqitas, mis hermanas **Karla, Kristal, Kandy, Karen y Kathy** por todo el tiempo que me dedicaron, para poder lograr nuestro objetivo, por todo su apoyo sin ustedes nada hubiera sido igual. Las quiero mucho.

A **Juan José** por todo su cariño y su apoyo, por todo lo que haces por mi día con día, para demostrarme tu amor, no tengo palabras para agradecértelo.

A mis tías **Queta y Soco** por ser mis mejores amigas, por preocuparse por mí, por todos sus consejos y por apoyarme en todo lo que hago.

A mi tío **Ariel**, y a mis primos **Cindy y Luis** por todo su apoyo y su alegría.

A mi tío **Víctor, Laura y Alex** por su apoyo, por demostrarme que siempre puedo contar con ustedes.

A la familia Gómez Monroy, **Lilia, Héctor, Selene Héctor jr. y Daniela** por todo el tiempo que me han dedicado y por todo su apoyo incondicional.

To **Mr. Rick, Mrs. Robbie, Ashley and Heather** thanks to let me comprise of its lives, by all its support and all the love that have offered me throughout these years. I always remember you with love. I love you so much.

ÍNDICE

	Páginas
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
1. JUSTIFICACIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. Queso.....	4
3.2. Clasificación de los quesos.....	4
3.2.1. Según la leche utilizada para su elaboración.....	4
3.2.2. Según el método de elaboración.....	5
3.2.3. Según el proceso de curación y prensado.....	5
3.2.4. Según el método de coagulación.....	6
3.2.5. Según el contenido de humedad.....	6
3.2.6. Según el contenido graso.....	6
3.2.7. Según la textura.....	7
3.2.8. Según el país de origen.....	7
3.3. Producción mundial de queso.....	7
3.4. Producción nacional de queso.....	8
3.5. Producción de queso en el Valle de Tulancingo, Hidalgo.....	8
3.6. Propiedades funcionales de los quesos relacionadas con el fundido.....	9
3.7. Propiedades sensoriales de los quesos.....	11
3.7.1. Introducción a la evaluación sensorial.....	12
3.7.2. Propiedades sensoriales y aplicación del análisis sensorial de/a los quesos.....	18
3.8. Tecnología de fabricación del queso y su influencia sobre las propiedades funcionales y sensoriales.....	21
3.8.1. Recepción de la leche.....	21
3.8.2. Homogeneización.....	22
3.8.3. Estandarización de la leche.....	22
3.8.4. Tratamiento térmico.....	23
3.8.5. Inoculación y premaduración de la leche.....	23
3.8.6. Coagulación y corte de la cuajada.....	24
3.8.7. Agitación, acidificación y maduración de la cuajada y desuerado.....	26
3.8.8. Salado.....	27
3.8.9. Prensado.....	29
3.8.10. Maduración y conservación.....	29

4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1.	Introducción.....	31
4.2.	Toma de muestras.....	31
4.3.	Análisis de las propiedades funcionales del queso.....	32
4.3.1.	Tiempo de fundido.....	32
4.3.2.	Porcentaje de extensión durante el fundido del queso.....	32
4.3.3.	Determinación de viscosidad aparente máxima.....	33
4.4.	Medición del color después del fundido.....	33
4.5.	Análisis Sensorial.....	34
4.5.1.	Instalaciones y presentación de las muestras.....	34
4.5.2.	Entrenamiento de catadores.....	34
4.5.2.1.	Entrenamiento de caracteres gustativos.....	35
4.5.2.2.	Entrenamiento de caracteres aromáticos.....	36
4.5.2.3.	Entrenamiento de caracteres de textura y de la persistencia del flavor.....	38
4.5.2.4.	Pruebas de Evaluación (sabor, olor y textura) de los quesos....	40
4.6.	Análisis Estadístico.....	41
5.	RESULTADOS.....	42
5.1.	Queso manchego.....	42
5.1.1.	Características sensoriales.....	42
5.1.2.	Propiedades funcionales de fundido y viscosidad.....	45
5.1.3.	Correlaciones.....	47
5.2.	Queso Manchego Botanero.....	52
5.2.1.	Características sensoriales.....	52
5.2.2.	Propiedades funcionales de fundido y viscosidad.....	55
5.2.3.	Correlaciones.....	57
5.3.	Queso Morral.....	60
5.3.1.	Características sensoriales.....	60
5.3.2.	Propiedades funcionales de fundido y viscosidad.....	62
5.3.3.	Correlaciones.....	64
5.4.	Queso Tenate.....	68
5.4.1.	Características sensoriales.....	68
5.4.2.	Propiedades funcionales de fundido y viscosidad.....	71
5.4.3.	Correlaciones.....	73
5.5.	Queso Oaxaca.....	76
5.5.1.	Características sensoriales.....	76
5.5.2.	Propiedades funcionales de fundido y viscosidad.....	79
5.5.3.	Correlaciones.....	81
5.6.	Queso Panela.....	84
5.6.1.	Características sensoriales.....	84
5.6.2.	Propiedades funcionales.....	87
6.	DISCUSIÓN.....	89
6.1.	Propiedades funcionales de fundido y color tras el fundido.....	89
6.2.	Correlación de las propiedades funcionales con la composición	90

6.3.	de los quesos.....	
	Propiedades sensoriales.....	93
7.	CONCLUSIONES.....	98
8.	BIBLIOGRAFIA.....	100
9.	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pagina
3.1 Relación sentidos y propiedades sensoriales de los alimentos.....	13
4.1 Volumen de solución y peso de requesón mezclados para obtener las muestras estándar de concentración baja y alta utilizadas para el entrenamiento de sabores y sensación picante.....	36
4.2. Olores que fueron objeto de entrenamiento y referencias o estándares utilizados.....	38
5.1 Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso manchego.....	46
5.2 Parámetros del color de los quesos Manchego (determinados por triplicado) antes (pre) y después del fundido (post).....	46
5.3 Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Manchego.....	49
5.4 Regresión lineal múltiple ('método <i>forward stepwise</i> ') del tiempo de fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso (humedad sobre materia seca desengrasada –Hum/MSD–, cloruro sódico sobre humedad –NaCl/Humedad–, nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total –N α -am/NT).....	50
5.5 Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Manchego.....	50
5.6 Regresión lineal múltiple ('método <i>forward stepwise</i> ') de la luminosidad –L*– con respecto a parámetros clave de la composición del queso (humedad sobre materia seca desengrasada –Hum/MSD–, cloruro sódico sobre humedad –NaCl/Humedad–, Ca sobre materia seca desengrasada –Ca/MSD).....	51
5.7 Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso manchego botanero.....	56
5.8 Parámetros del color de los quesos Manchego botanero elaborados en el Valle de Tulancingo de Hidalgo (determinados por triplicado).....	56
5.9 Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Manchego Botanero.....	57
5.10 Regresión lineal múltiple ('método <i>forward stepwise</i> ') de los parámetros del fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso (grasa sobre extracto seco –grasa/ES–, humedad sobre materia seca desengrasada –Hum/MSD–, cloruro sódico sobre humedad –NaCl/Humedad–, nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total –N α -am/NT).....	58

5.11	Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Manchego Botanero.....	59
5.12	Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso Morral.....	64
5.13	Parámetros del color de los quesos Morral elaborados en el Estado de Hidalgo (determinados por triplicado).....	64
5.14	Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Morral.....	65
5.15	Regresiones lineales múltiples ('método <i>forward stepwise</i> ') de los parámetros del fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso: (grasa sobre extracto seco –grasa/ES–, Ca sobre materia seca desengrasada –Ca/MSD–, nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total –N α -am/NT).....	66
5.16	Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Morral.....	67
5.17	Regresiones lineales múltiples ('método <i>forward stepwise</i> ') de los parámetros del color L* y b* con respecto a parámetros clave de la composición del queso: (humedad, pH, humedad sobre materia seca desengrasada –Hum/MSD–, cloruro sódico sobre humedad –NaCl/Humedad–, nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total –N α -am/NT).....	67
5.18	Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso Tenate.....	72
5.19	Parámetros del color de los quesos Tenate elaborados en el Estado de Hidalgo (determinados por triplicado).....	72
5.20	Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Tenate.....	73
5.21	Regresión lineal múltiple ('método <i>forward stepwise</i> ') de la viscosidad aparente con respecto a parámetros clave de la composición del queso: (humedad sobre materia seca desengrasada –Hum/MSD–, cloruro sódico sobre humedad –NaCl/Humedad–, nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total –N α -am/NT).....	74
5.22	Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Tenate.....	75
5.23	Regresión lineal múltiple ('método <i>forward stepwise</i> ') del parámetro del color a* con respecto a parámetros clave de la composición del queso: (grasa sobre extracto seco –grasa/ES–, humedad sobre materia seca desengrasada –Hum/MSD–, cloruro sódico sobre humedad –NaCl/Humedad–, Ca sobre materia seca desengrasada –Ca/MSD–).....	75

5.24	Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso Oaxaca.....	80
5.25	Parámetros del color de los quesos Oaxaca elaborados en el Valle de Tulancingo de Hidalgo (determinados por triplicado).....	80
5.26	Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Oaxaca.....	81
5.27	Regresión lineal múltiple ('método <i>forward stepwise</i> ') de los parámetros del fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso (grasa sobre extracto seco –grasa/ES–, Ca sobre materia seca desengrasada –Ca/MSD–).....	82
5.28	Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Oaxaca.....	83
6.1	Tabla resumen con las propiedades funcionales de los quesos elaborados en el Estado de Hidalgo.....	96
6.2	Resultados del análisis sensorial de los quesos del Estado de Hidalgo.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
5.1	Queso Manchego Mexicano elaborado en el Estado de Hidalgo.....	43
5.2	Perfiles sensoriales del queso Manchego Mexicano.....	44
5.3	Queso Manchego Botanero elaborado en el Estado de Hidalgo.....	53
5.4	Perfiles sensoriales del queso Manchego Botanero.....	54
5.5	Queso Morral elaborado en el Estado de Hidalgo.....	61
5.6	Perfiles sensoriales del queso Morral.....	63
5.7	Queso Tenate elaborado en el Valle de Tulancingo.....	69
5.8	Perfiles sensoriales del queso Tenate.....	70
5.9	Queso tipo Oaxaca elaborado en el Estado de Hidalgo.....	77
5.10	Perfiles sensoriales del queso Oaxaca.....	78
5.11	Queso tipo Panela elaborado en el Estado de Hidalgo.....	85
5.12	Perfiles sensoriales del queso Panela.....	86

RESUMEN

En el Valle de Tulancingo, se elaboran distintos tipos de quesos dentro de los que se encuentran el queso Panela, Oaxaca, Tenate, Manchego y Manchego mexicano. Todos ellos elaborados con leche de vaca y a partir de una coagulación mixta, con excepción del queso Panela que es de coagulación enzimática. Hasta el momento no existe bibliografía con una descripción completa de los quesos elaborados en la región antes mencionada por lo tanto su caracterización también es muy pobre.

En este trabajo se evaluaron las propiedades funcionales en los quesos mencionados anteriormente; dentro de las cuales se encuentran: tiempo de fundido, porcentaje de extensión durante el fundido, viscosidad aparente máxima y color. Estas pruebas fueron realizadas mediante la aplicación de calor a trozos de queso durante un tiempo determinado.

También fueron evaluadas propiedades sensoriales tales como el olor, sabor, flavor y textura, las cuales se realizaron mediante diversas evaluaciones con jueces entrenados en la cata del queso.

Los resultados obtenidos de los análisis de propiedades de fundido y color indican que el queso tipo Oaxaca fue el queso que mayor porcentaje de extensión mostró, mientras que los queso Manchego y Tenate presentaron los menores porcentajes de extensión. Con respecto a la viscosidad aparente los valores más elevados se observaron en el queso Tenate y los más bajos en los quesos Morral y Oaxaca.

Para las propiedades sensoriales los resultados obtenidos mostraron que el queso panela fue el mas dulce y el menos amargo. Por otra parte el queso Tenate fue el que obtuvo el valor más alto en el sabor salado y el manchego botanero en la sensación picante.

En cuanto a los olores el panela fue el queso con mayor olor a leche fresca, menor olor a leche cocida, a mantequilla y a leche acida. Y el queso tenate fue el que mostró mayor puntuación en el olor a establo. Con respecto a la persistencia del olor, los quesos que obtuvieron mayores valores fueron el queso manchego, manchego botanero y morral.

SUMMARY

In the Valley of Tulancingo, different types from cheeses are elaborated within which they are the cheese Panela, Oaxaca, Tenate, Manchego and Mexican Manchego. All of them elaborated with milk of cow and from a mixed coagulation, with exception of the Panela cheese that is of enzymatic coagulation. Until the moment bibliography with a complete description of cheeses elaborated in the region before mentioned does not exist therefore its characterization also is very poor. In this work the functional properties in mentioned cheeses were evaluated previously; within which they are: fused time of, percentage of extension during the fused one, viscosity pretends maxima and color. These tests were made by means of the application of heat to cheese pieces during a certain time.

Also sensorial properties were evaluated such as the scent, flavor, flavor and texture, which were made by means of diverse evaluations with trained judges in the tasting of the cheese.

The obtained results of the analyses of properties of fused and color indicate that the cheese Oaxaca type was the cheese that greater percentage of extension showed, whereas the cheese Manchego and Tenate presented/displayed the smaller percentage of extension. With respect to viscosity it pretends the highest values were observed in the Tenate cheese and lowest in the cheeses Morral and Oaxaca.

For the sensorial properties the obtained results showed that the cheese Panela was but the sweet one and less bitter. On the other hand the Tenate cheese was the one that obtained the highest value in the salty flavor and Manchego Botanero in the sharp sensation. As far as the scents Panela was the cheese with greater scent to fresh milk, smaller scent to cooked milk, buttermilk and acid milk. And the cheese Tenate was the one that showed greater score in the scent stable. With respect to the persistence of the scent, the cheeses that they obtained greater values were the cheese Manchego, Manchego botanero and Morral.

1. JUSTIFICACIÓN

1. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años, en el estado de Hidalgo la industria láctea ha logrado ocupar un lugar reconocido en el mercado e incluso ser imitada en la industria de los productos lácteos en México. Los productos que sobresalen en este tipo de industria son los quesos, ya que su calidad generó fama y demanda. Este reconocimiento se originó primero localmente y después a escala nacional e incluso al extranjero. Sin embargo, la problemática actual (baja calidad, industrias de pequeño tamaño, productos sustitutos-análogos y nula inversión en la investigación y desarrollo de nuevos productos y productos regionales) ha dado lugar a que los quesos tengan en este momento características muy diversas, incluso indeseables.

De acuerdo a La Comisión Estatal de la Leche del Estado de Hidalgo (comunicación personal), en el Valle de Tulancingo, se produjeron en el año 2005 alrededor de 350,000 L de leche al día; sin embargo la leche que se procesa no solo proviene del valle, sino también de otros lugares, por ejemplo Lagos de Moreno, Jalisco. El volumen de leche procesada asciende a 800,000L/día lo que representa en queso aproximadamente 80 toneladas.

Debido a la importancia económica que representa la industria quesera, y a que no existen suficientes conocimientos científico-técnicos, sobre este tema, surgió la preocupación por iniciar una serie de trabajos con la finalidad de definir las características funcionales y sensoriales de los quesos más representativos del Valle de Tulancingo, que sirvan de apoyo para lograr tipificar o definir los quesos y establecer parámetros de calidad para dichos productos.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Contribuir a la caracterización de los quesos del valle de Tulancingo y al conocimiento de los parámetros que definen su calidad.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades funcionales de los distintos quesos, elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo.
- Aportar información científica para la definición sensorial de los quesos elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo.

3. *REVISIÓN DE LITERATURA*

3. REVISIÓN DE LITERATURA

Perspectiva histórica

La leche se define como el producto íntegro, no alterado, ni adulterado y sin calostro, obtenido del ordeño higiénico, regular, completo y no interrumpido de las hembras mamíferas domésticas, sanas y bien alimentadas.

Desde las primeras etapas de la agricultura, el hombre ha consumido leche de animales domésticos y desde entonces la leche ha constituido una rica fuente de nutrientes, lo que la convierte en un alimento completo para la dieta de los seres humanos.

Entre los productos derivados de la leche, uno de los más importantes es el queso, el cual además es uno de los alimentos más antiguos consumidos por el ser humano. Se cree que se desarrolló hace 8000 años en los países cálidos del Mediterráneo, poblados por tribus nómadas, esta teoría surge con el hallazgo de pinturas rupestres en cuevas en las cuales se representan unas cabras que están siendo conducidas al pasto y unos sacos de piel colgados en estacas. Se supone que se guardaba la leche en los sacos de piel para su transporte. La fermentación de los azúcares de la leche en el cálido clima de aquellas regiones provocó el cuajado de la leche y la agitación a la que fueron sometidos al caminar rompió la cuajada y separó el suero (Scott, 1991).

La migración geográfica de la práctica de fabricación de quesos, originó a su paso por las diversas áreas geográficas, nuevos métodos de fabricación, generando así diferentes variedades de queso., muchas de las cuales fueron nombradas de acuerdo al lugar en donde fueron producidos, por ejemplo: el queso Cheddar, de la región de Chester en Inglaterra. Actualmente, las variedades existentes de queso son conocidas por más de 2000 nombres y continúan apareciendo periódicamente nombres nuevos para describir nuevas variedades, cuya permanencia en el mercado dependerá del grado en que estas satisfagan las exigencias del consumidor (Fox *et al.*, 2000)

3.1 Queso

La palabra “queso” suele utilizarse como un término colectivo en el que se agrupa un gran número de productos muy distintos; sin embargo la mayoría de ellos se encuentran dentro de la definición de la FAO/WHO (www.Codex/alimentarius.net) la cuál se describe a continuación: “Producto fresco o madurado, sólido o semi-sólido obtenido por coagulación de la leche entera, leche desnatada o semidesnatada, nata o cualquier combinación de estas materias primas, por acción del cuajo u otros agentes coagulantes y eliminación parcial o total del lactosuero”.

3.2 Clasificación de los quesos

La variabilidad en los quesos se debe a que no solamente puede ser utilizada leche de una especie animal (vaca, oveja, cabra, etc.), sino que también pueden realizarse diversas mezclas de leches procedentes de distintas especies. Así mismo, las diferentes tecnologías seguidas en las elaboraciones tales como: i) la pasteurización, ii) el empleo de diversos microorganismos y iii) la modificación del tiempo, la temperatura o la intensidad de alguna operación del proceso. Estas variaciones van a tener como consecuencia la obtención de quesos con características diferentes.

Los principales parámetros para clasificar los quesos de acuerdo a lo anteriormente descrito son: i) el tipo de leche, ii) el tipo de coagulación, iii) la textura, iv) la humedad, v) el extracto seco, vi) el contenido de materia grasa, vii) los microorganismos desarrollados, viii) la zona de elaboración y ix) la tecnología de fabricación – procesos de ultra-filtración – (Eck, 1990; Fox *et al.*, 2000).

Por otra parte, en el Codex Alimentarius Español se encuentran diversas formas o maneras de clasificar los quesos las cuales, se mencionan a continuación. (www.Codexalimentarius/españa.net)

3.2.1 Según la leche utilizada para su elaboración:

- **Quesos de leche de vaca**
- **Quesos de leche de oveja**

- **Quesos de leche de cabra**
- **Quesos de mezclas de alguna o todas estas.**

3.2.2 Según el método de elaboración del queso:

- **Quesos frescos.** Son los quesos listos para su consumo en cuanto termina el proceso de desuerado.
- **Quesos curados o madurados.** Son aquellos que después de su elaboración sufren un proceso de maduración.
- **Quesos de pasta blanda.** su pasta es flexible y entable
- **Quesos con corteza enmohecida.** Su superficie está recubierta por mohos blancos.
- **Quesos con corteza lavada.** Su corteza se limpia varias veces durante su proceso de curación con un paño humedecido en salmuera.
- **Quesos de pasta veteadada.** Durante su maduración, crecen en su interior mohos azules que forman vetas o cavernas de este color.
- **Quesos de pasta prensada.** Son los que después del proceso de cuajado sufren un prensado con pérdida de suero, por lo que su pasta es semidura o dura.
- **Quesos de pasta prensada no cocida.** En este grupo se encuentran la mayoría de los quesos españoles, representados perfectamente por el Manchego.
- **Quesos de pasta prensada cocida.** La cuajada sufre un calentamiento a (45-50°C). Su pasta queda muy consistente y con ojos regulares en su interior, más o menos abundantes según el tipo de queso.
- **Quesos fundidos o de segunda mano.** Obtenidos por la reelaboración de productos primarios. Son una mezcla de varios quesos o incluso de uno solo.

3.2.3 Según el proceso de curación y prensado

- **Quesos frescos.** No sufren proceso de curación alguno. Generalmente no tienen corteza y apenas se prensan.

- **Quesos blandos.** Estos quesos sufren un proceso de maduración que puede ir desde varias semanas a meses.
- **Quesos semiduros.** Son de pasta amarilla y cremosa cuya corteza tiene cierta consistencia.
- **Quesos duros.** Estos quesos son sometidos a largos periodos de maduración, a veces superiores a un año, y sufren un proceso de prensado intenso.

3.2.4 Según el método de coagulación o tipo de cuajo empleado:

- **Cuajo tradicional.** Es aquel que se obtiene del estomago de los rumiantes.
- **Cuajo vegetal.** Es aquel que se obtiene de algunas plantas.
- **Cuajo microbiano.** Es aquel que se extrae las algas marinas.

3.2.5 Según el contenido de humedad:

- **Queso Fresco.** Cuando el queso posee un contenido en humedad del 60-80%.
- **Queso blando.** Si el contenido en humedad en el queso es del 55-57%.
- **Queso semiduro.** Cuando el queso posee un contenido en humedad del 42-55%
- **Queso duro.** Si el contenido en humedad del queso se reduce a un 20-40%

3.2.6 Según el contenido graso:

- **Queso extragrasso.** Contiene más del 60% de lípidos.
- **Queso graso.** Tiene un contenido graso del 45-60%.
- **Queso semigrasa.** Si el porcentaje de grasa oscila entre el 25-45%.
- **Queso semidesnatado.** Cuando el contenido es del 10-25% de grasa.
- **Queso desnatado.** Para que un queso sea considerado desnatado, su porcentaje graso debe ser inferior al 10%.

3.2.7 Según la textura:

Quesos con ojos redondeados. (Emmenthal, gruyère, gouda.)

- **Quesos con textura granular.** (Manchego)
- **Quesos con textura cerrada.** (Parmesano, cheddar)

3.2.8 Según el país de origen

Actualmente, los quesos que han tenido una mayor aceptación por los consumidores y que tienen una amplia salida en el mercado son fabricados en todo el mundo, pero casi todos los quesos tienen un país de origen determinado como por ejemplo:

- **Quesos franceses.** Roquefort, camembert, brie.
- **Quesos suizos.** Emmental, gruyere.
- **Quesos Holandeses.** Edam y gouda.
- **Quesos Alemanes.** Munster.
- **Quesos italianos.** Mozzarella.
- **Quesos ingleses.** Cheddar.
- **Quesos españoles.** Tetilla, san Simón, Arzúa -Ulloa, Cabrales, Manchego.
- **Quesos mexicanos.** Oaxaca, panela.

3.3 Producción mundial de queso

La oferta de quesos finos es dominada por Europa, quien posee un reconocimiento mundial en este rubro y, dado que su materia prima es relativamente cara, ha debido concentrarse en este tipo de productos. Los países con bajos costos de producción de leche dominan el mercado mundial de quesos comerciales, sobre todo del tipo para fundir, consolidándose como proveedores mundiales de las grandes cadenas de pizzas y comida rápida.

La elaboración de quesos a nivel mundial también ha mostrado un importante crecimiento, alrededor de un 15% en los últimos 6 años, a producción total de quesos en el mundo es de 18, 631 toneladas (FAOSTAT, 2006)

La producción se concentra en la Unión Europea con el 41% del total. Dentro de Europa destaca la producción de Francia con el 28% del total continental,

cuya producción se ha mantenido en niveles estables durante los últimos años. Alemania aporta el 17%, Italia el 16% y Holanda el 10% (FAO, 2006).

América del Norte es el segundo bloque en importancia con el 30% de la producción mundial, donde Estados Unidos representa sobre el 80% de esta producción, muy por encima de Canadá y México.

La producción de otros continentes como América del Sur, Asia y Oceanía presenta una menor participación, con porcentajes inferiores al 10%, pero con tendencias al alza.

3.4 Producción nacional de queso

El queso se produce en todo el territorio nacional bajo diferentes condiciones y características ambientales, aunque en 8 estados de la república mexicana producen el 70% de la producción nacional. Los principales estados productores son Estado de México 13%, Distrito federal 12%, Jalisco con el 11%, Guanajuato y Michoacán con el 6% Y Veracruz con el 5%, el otro 30% es producido por los estados sobrantes. En cifras la producción de quesos en México es de 132, 654 toneladas, teniendo en cuenta un rendimiento medio del 10%, esto representa el uso de un 1, 326 540 toneladas de leche, un 13.44% de la producción total nacional (FAOSTAT, 2006).

3.5 Producción de queso en el Valle de Tulancingo Hgo

La región del Valle de Tulancingo es una de las más importantes en el estado de Hidalgo en cuanto a la producción de leche y quesos. La tradición quesera en esta región comenzó hace más de 50 años con el establecimiento de una empresa que elaboraba queso Manchego. Desde entonces se han venido creando numerosas empresas familiares, lo que ha originado que actualmente existan una amplia gama de productos lácteos principalmente quesos, entre los que cabe destacar los quesos Oaxaca, Tenate, Botanero, Panela, Manchego, Morral y otros. Actualmente se procesan 65.7 millones de litros de leche al año en más de 56 queserías establecidas en esta región. (Comunicación personal)

3.6 Propiedades funcionales de los quesos relacionadas con el fundido

Las propiedades funcionales de los quesos son aquellas que les confieren aptitudes para su almacenamiento, conservación, presentación y preparación culinaria. Se ha descrito un número elevado de propiedades funcionales en los quesos que dependen del tipo de queso considerado. Como ejemplos se puede mencionar entre las propiedades funcionales: derretibilidad, viscosidad, color, cremosidad, etc. (Guinee *et al* 2000)

La composición y microestructura del queso es responsable de las propiedades funcionales y sensoriales (Fox *et al.*, 2000): Además está bien documentado que las propiedades funcionales de los quesos se ven afectadas por las condiciones de elaboración y maduración de los mismos (Guinee *et al.*, 2000; Fox *et al.*, 2000).

En los quesos frescos o poco madurados generalmente consumidos después de su elaboración, como es el caso de la mayoría de los quesos mexicanos, que tienen un pH inferior a 5.4, la aptitud para el fundido es una de las características más relevantes para la preparación culinaria de diversos platillos mexicanos. Otras propiedades funcionales importantes son: i) la facilidad para el rebanado y/o desmenuzado, ii) la derretibilidad o extensión durante el fundido, iii) el tiempo de fundido, iv) el estiramiento del queso fundido, v) la retención de grasa en el fundido y vi) la viscosidad (Caro *et al.*, 1999).

i) Facilidad de rebanado, La aptitud de un queso para ser rebanado o desmenuzado dependerá de varios factores entre los que se encuentran: la cantidad de extracto seco de la cuajada y la técnica de moldeado. Sin embargo, una elevada cantidad de extracto seco en la pasta (debido al tamaño del grano), puede producir quesos que tengan una textura friable y granulosa.

ii) la derretibilidad o extensión durante el fundido. Respecto al fundido, esta propiedad funcional se define como la capacidad de los trozos de queso desmenuzados capaces de fluir y fusionarse, formando una masa derretida cuando aquellos se calientan, masa que fluye y se expande (Caro *et al.*, 1999). Algunas de las formas de medir el fundido descritas en la bibliografía consisten en calentar un cilindro estándar de queso dispuesto verticalmente sobre un

plato, en un horno durante un tiempo y a una temperatura determinada y posteriormente medir el incremento del diámetro del cilindro (método de Schreiber citado por Kosikowski, 1982) o el decremento de altura (método de Arnott *et al.*, citados por Sabikhi *et al.*, 1993). Otro método de la prueba de fundido se recoge en el trabajo de McMahon *et al.*, (1993). En este método se utilizaron 15 g de queso que se colocaron en un tubo de ensayo (30x250 mm), enfriándose durante 15 min a 4°C con el tubo en posición vertical. Después el tubo se colocó horizontalmente en un horno a 110°C durante 60 min. Después de enfriar el tubo a temperatura ambiente se midió la distancia que el queso recorrió en el tubo durante el fundido.

Así mismo, la propiedad funcional del fundido se puede cuantificar mediante el tiempo que tardan las rodajas de queso en mostrar un consistencia semilíquida (Guinee *et al.*, 2000). Existen limitaciones para este tipo de prueba, ya que las propiedades de derretimiento de los quesos dependen de su temperatura; del tiempo y la configuración del horno. Otra propiedad funcional relacionada con el fundido que se ha estudiado es iii) el estirado del queso fundido, es decir su habilidad de formar tiras fibrosas, una vez calentado, que se alargan sin romperse al aplicar sobre el queso una tensión de estiramiento (Caro *et al.*, 1999). Usualmente el estirado se cuantifica manualmente usando un tenedor y levantando el queso fundido, debiéndose encontrar al menos un estiramiento de 7.5 cm para poder decir que el queso funde bien (USDA, 1980).

Por otra parte Apostolopoulos (1994), describe otras dos formas de evaluar el estirado. En la primera, el queso desmenuzado se coloca sobre una base de pizza constituida de dos pociones concéntricas de 60 y 165 mm de diámetro que a su vez se colocan sobre sus discos concéntricos de Perplex del mismo tamaño. El disco del centro tiene un eje perpendicular a su superficie. El conjunto se introduce en un microondas y después del calentamiento deseado se procede a levantar el disco central a una velocidad constante (1500 mm/min) observándose la altura a que se puede levantar el disco sin que las tiras de queso se rompan. El segundo método de medida consiste en comprimir un pedazo cilíndrico de queso una vez fundido entre dos placas metálicas, una de ellas es calentada interiormente con agua caliente Durante la compresión.

se traza la curva de la fuerza de deformación necesaria para que el trozo de queso alcance el espesor fijado.

Otra propiedad relacionada con el fundido es iv) la retención de grasa durante el mismo y se refiere a la capacidad de mantener la emulsión durante el fundido, de forma que se evite la separación de grasa líquida en el queso, especialmente en la superficie del mismo. La retención de grasa se puede determinar en el queso midiendo el tamaño del anillo o círculo de grasa que se forma sobre un papel de filtro cuando una muestra de queso es fundido, o bien el queso fundido se centrifuga y se mide la grasa que se separa después de la centrifugación (McMahon *et al.*, 1993).

Además, Kindstedt *et al.*, (1992) citados por McMahon *et al.*, (1993) midieron la separación de grasa introduciendo una cantidad de queso molido en un tubo que fue sumergido en un baño de agua hirviendo hasta fundir el queso. Una vez realizada esta operación, añadieron un solvente para separar la grasa del queso y, por último, centrifugaron – el solvente no extrae la grasa emulsionada pero si la no emulsionada –. También, la retención de grasa durante el fundido puede medirse usando una versión modificada de la prueba de Babcock (Kindstedt y Rippe, 1990).

Con respecto a v) la viscosidad, se puede medir la viscosidad aparente mediante un viscosímetro (Guinee *et al.*, 2000). Por su parte McMahon *et al.*, (1993), describen un método de evaluación de la viscosidad aparente por medio de un viscosímetro rotatorio de vástago en forma de T que se introduce en el queso fundido a 60°C.

3.7 Propiedades sensoriales de los quesos

Las propiedades sensoriales de los quesos son aquellas que les confieren aptitudes o características de calidad para su consumo. Como ejemplos se puede mencionar los atributos del sabor, aroma, textura, etc. Las propiedades sensoriales están muchas veces interrelacionadas con las funcionales. Como se mencionó anteriormente, ambas están influenciadas por la composición y microestructura del queso (Fox *et al.*, 2000) y se ven afectadas por las condiciones de elaboración y maduración de los mismos.

3.7.1 Introducción a la evaluación sensorial

En el mundo desarrollado, en que la mayor parte de la población no tiene problemas para satisfacer sus necesidades nutritivas diarias, la elección de los alimentos se realiza en función de su calidad. Se entiende por calidad de un alimento su “grado de excelencia” que comprende conceptos como valor nutritivo, aspecto, textura, aroma y sabor (García y Canada 1997).

Generalmente, cuando una persona elige lo que ha de comer, lo hace atendiendo a sus gustos, es decir, a las características del alimento que percibe con sus sentidos y que provocan su aceptación o su rechazo. Estas son las razones principales que han conducido al gran desarrollo experimentado por las técnicas de evaluación sensorial desde la segunda mitad del siglo pasado.

La evaluación sensorial es el estudio sistemático de las respuestas humanas a las propiedades fisicoquímicas de los alimentos. Este estudio comprende la definición y medida de los atributos de un producto que se perciben por medio de los sentidos y que se denominan “características sensoriales”.

La finalidad de la evaluación sensorial es traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un determinado producto. Para realizar su labor, el análisis sensorial debe comparar y examinar las características sensoriales de distintos alimentos, con el fin de establecer sus aspectos positivos y negativos; de esta manera, el fabricante podrá potenciar los primeros y eliminar en lo posible los segundos hasta tener un producto adaptado a las exigencias del consumidor. (Da Silva, 2001)

Propiedades sensoriales de los alimentos

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o mas sentidos tal como se muestra a continuación en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Relación sentidos y propiedades sensoriales de los alimentos (Anzaldúa-Morales, 1994)

Propiedad sensorial / sentido	Vista	Olfato	Gusto	Tacto	Oído
Color	x				
Apariencia	x				
Olor		x			
Aroma		x			
Gusto			X		
Sabor		x	X		
Temperatura				X	
Peso				X	
Textura	x			X	X
Rugosidad	x			X	X

A continuación se describen las propiedades funcionales que podemos encontrar en los alimentos:

El **color**, es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. El color de un objeto tiene tres características: El tono, el cual esta determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada. Unos cuantos nanómetros de diferencia significan mezcla con otro color y, por lo tanto, un tono diferente. La intensidad, la cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto o alimento. Finalmente, el brillo que es dependiente de la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él; esta propiedad puede interferir con las otras propiedades sensoriales. Por ejemplo: cuando se realizan pruebas de sabor o textura, un color desagradable puede ser asociado por los catadores, inconcientemente, con un sabor o textura desagradables, alterando así sus respuestas (Anzaldúa-Morales, 1994).

El color de los quesos esta determinado por el tipo de leche empleado, por la técnica de elaboración o familia a la que pertenece y por el tiempo de maduración. El agente colorante en la leche responsable del color de los quesos es el caroteno, un pigmento amarillo con ligeros tintes naranjas, que se encuentra contenido en la grasa de la leche. Como dicha grasa pasa en su mayor parte al queso, se produce una concentración de este color después de la coagulación. Este pigmento está presente en la leche de vaca, en la de oveja

En menor proporción y ausente en la leche de cabra, de ahí que, a igual período de maduración los quesos de cabra tienen un color blanco o ausencia de pigmentación, mientras que los de vaca son muy pigmentados o más amarillos y los de oveja presentan un color intermedio. En la medida, que un queso permanece más tiempo en la cámara de maduración va perdiendo humedad y por consiguiente va aumentando la intensidad del color y disminuyendo el brillo del queso.

El **olor**, es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas por los alimentos. Dentro del olor o *sui generis* característico de un alimento existen diferentes componentes. Otra característica del olor es la intensidad o potencia de éste, además, la relación entre el olor y el tiempo es muy importante, ya que el olor es una propiedad sensorial que presenta dos atributos, contradictorios entre sí, en los cuales está involucrado el tiempo. El primero es la persistencia, o sea, que aún después de haberse retirado la sustancia olorosa, la persona continúa percibiendo el olor. El segundo, está relacionado con la mente o con la zona olfatoria del cerebro, es debido a que las personas se acostumbran a los olores después de un cierto tiempo. La causa de esto es que el olor produce una impresión muy fuerte en el cerebro, el cual incluso impide a éste que perciba algunos otros atributos; pero después de un cierto tiempo, el mecanismo cerebral reestablece la atención hacia los demás sentidos y por ello se pierde la sensación de olor; o uno se acostumbra a ella. Debido a esta característica del olor, las pruebas para la medición del olor deben ser rápidas; para no dar tiempo a que los jueces pierdan la capacidad de evaluar el olor; otra característica para tomar en cuenta cuando se realiza la prueba de olor, es que no deben presentarse demasiadas muestras en una misma sesión (Ellis, 1961; Amerine *et al.*, 1965).

Así mismo, es importante que en las evaluaciones del olor no haya contaminación de un olor con otro, por lo que los alimentos, que vayan a ser evaluados deberán mantenerse en recipientes herméticamente cerrados y deberán evaluarse de manera que las otras muestras no se contaminen con el olor de la anterior. El **aroma**, es una propiedad que consiste en la percepción de las sustancias volátiles de un alimento después de colocarse éstas en la boca.

Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe y llegan a través de la trompa de Eustaquio a los centros sensores del olfato vía retro-nasal. Generalmente para detectar esta propiedad no se degluten las muestras sino que, una vez probadas se escupen (Anzaldúa-Morales 1994).

El **gusto**, o sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado o amargo; o bien puede haber una combinación de dos o más de estos. Esta propiedad es detectada por medio de la lengua. El sabor de los alimentos es dependiente del tiempo, debido a que hay sabores que se perciben más rápidamente que otros. Otra característica del sabor relacionada con el tiempo es la persistencia, la cual es conocida como dejo o regusto (Anzaldúa-Morales 1994).

El **flavor**, es un atributo muy complejo; ya que combina tres propiedades: el olor, el aroma y el gusto son de gran importancia en la evaluación sensorial de los alimentos (Martins, 1990). El flavor es la suma de las tres características y por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

Pruebas sensoriales y factores que influyen en el análisis sensorial

La cata es el acto que permite dar el juicio más válido sobre la calidad de un producto alimentario. Existen dos formas de cata o degustación: la degustación hedonista, que es la cata efectuada por el consumidor por el placer de comer o beber y la degustación técnica que es la cata efectuada por un técnico, con el fin de examinar la calidad de un producto.

En el primer caso, la degustación es subjetiva, unida a la búsqueda por parte del degustador de una sensación agradable para satisfacción y búsqueda del placer. La segunda, es eminentemente técnica y, por lo tanto, obligadamente objetiva, exige preparación y objetividad (Martínez y Martínez, 1993).

En el análisis sensorial existen básicamente tres tipos de pruebas. Cada una de ellas tiene diferentes objetivos y utiliza participantes seleccionados utilizando diferentes criterios.

Las **pruebas afectivas o hedónicas** generalmente constituyen una etapa previa en todo programa de análisis sensorial, ya que son la base para la

búsqueda y desarrollo de pruebas posteriores. Estas pruebas suministran información preliminar sobre el mercado de consumo: preferencias y necesidades de los consumidores, actitudes de los consumidores ante un producto nuevo o un producto de características modificadas (Hernández, 2000).

Las pruebas **discriminantes** son las que se destinan a establecer si entre dos o más muestras, existen o no diferencias basándose en alguna característica o teniendo en cuenta todas conjuntamente. Dado que estas pruebas no indican a que se debe la diferencia, cuando se utilizan en un programa de control de calidad se deben complementar con alguna otra prueba con la que se mida el grado de diferencia (Hernández, 2000). Para este tipo de pruebas se puede recurrir a catadores semientrenados, cuando las pruebas se establecen sobre el conjunto de las características de un producto, mientras que en aquellos casos en que se ha de establecer la diferencia tomando una o más características particulares es preferible que los catadores sean entrenados.

El entrenamiento de catadores se realiza basándose en principios generales de cata y con métodos establecidos.

La fase de entrenamiento tiene como objetivos:

- Aprender a evaluar productos.
- Familiarizarse con diferentes tipos de escalas
- Memorizar texturas, sabores y aromas
- Emitir juicios cualitativos y cuantitativos sin tener en cuenta las preferencias personales.

Las **pruebas descriptivas**, se utilizan para caracterizar un producto mediante varios parámetros. La evaluación de la intensidad de una magnitud sensorial simple en la que el sujeto posiciona sobre una escala, una o varias muestras se pueden realizar utilizando diferentes tipos de escalas.

La finalidad del análisis descriptivo es describir con un mínimo número de palabras y un máximo de eficacia, el producto a analizar de manera que tenga una carta de identidad precisa, reproducible y comprensible para todos.

Esta descripción deberá tender a ser independiente del grupo de sujetos que la ha generado y deberá igualmente ser comparable a otros análisis del

mismo tipo efectuados sobre otros productos de la misma familia (Hernández, 2000).

El perfil sensorial se utiliza para la evolución de una magnitud sensorial compleja y necesita la ejecución de una metodología basada en la investigación y la cuantificación de unos descriptores apropiados. Esta metodología constituye el análisis sensorial descriptivo llamado perfil sensorial. La elaboración del perfil sensorial de un producto es compleja y puede dar buenos resultados. De la calidad de los catadores depende la calidad del perfil sensorial. Es importante como criterio para la selección de los sujetos su aptitud para la creatividad y capacidad de expresión verbal. Es importante que los sujetos tengan un vocabulario extenso y una facilidad de empleo para llegar a describir el producto de un modo simple y fácilmente comprensible, facilitando la comunicación entre las diversas partes interesados. El número mínimo de catadores que se recomienda es de 6, sin embargo se aconseja disponer de un grupo de 6 a 10 sujetos.

La experiencia ha demostrado que, con independencia de las características personales y del grado de entrenamiento de los catadores, las condiciones externas que rodean a estos durante el análisis o evaluación sensorial influyen directamente en sus juicios. El local donde se realiza el análisis debe contribuir a crear una atmósfera de trabajo idónea para la evaluación sensorial. Con objeto de facilitar el diseño y construcción de estos locales, se ha desarrollado una norma que, bajo el título "Guía para la instalación de una sala de cata" (UNE 87 004-79) fija las condiciones mínimas que deben reunir instalaciones de este tipo. En el diseño de la sala de evaluación sensorial hay que tener en cuenta varios detalles:

- El color de las paredes debe ser de un tono claro y liso; (*Eastmond Amerine et al 1965*; recomienda un tono gris neutro que refleje aproximadamente del 40 al 45 % de la luz que recibe.
- Los materiales empleados deben ser de limpieza fácil.
- La iluminación general, ya sea de luz solar o de lámparas, debe ser uniforme, regulable y difusa.
- Es aconsejable la insonorización para evitar sonidos molestos y, a ser posible disponer de un dispositivo de ventilación eficaz, que evite

a presencia de olores extraños y contribuya al mantenimiento de unas condiciones térmicas e higrométricas agradables (salvo circunstancias especiales, se recomienda de 20 a 22 °C de temperatura y del 60 al 70% de humedad relativa) (Costell y Duran, 1982).

Otras reglas importantes utilizadas en la cata son:

- Cuando se vayan a catar en una misma sesión alimentos diferentes. En el caso de los quesos se debe empezar por los más frescos y suaves, terminando por los más maduros y las pastas azules, si las hubiera.
- Es necesario que los catadores conozcan las características o rasgos esenciales del queso que van a evaluar para poder realizar una valoración consecuente.
- En cuanto a la hora más indicada para una cata es alrededor de las 10-11 h, después de dos horas de la primera comida matutina, o por la tarde alrededor de las 17 h. No se debe degustar inmediatamente después de haber realizado una comida abundante o con hambre.

3.7.2 Propiedades sensoriales y aplicación del análisis sensorial de/a los quesos

En los últimos años se han desarrollado numerosos trabajos respecto a la evaluación sensorial de quesos. Desde el punto de vista práctico podemos distinguir:

- a) trabajos de tipo descriptivo que permiten una perfecta caracterización y conocimiento del producto desde el punto de vista sensorial,
- b) la definición de no conformidades críticas principales y secundarias que permiten un control de calidad sensorial relativamente rápido.

Sin embargo todos estos trabajos de investigación que han sido aplicados exitosamente a los procedimientos industriales mejorándolos notablemente solo se han llevado a cabo en algunos países. En México, este tipo de trabajos son casi nulos, por esta razón es importante realizar la caracterización de los

quesos mexicanos principalmente de los que se producen en el Valle de Tulancingo.

En los quesos las propiedades o caracteres sensoriales más importantes son:

- Caracteres de Apariencia.
- Caracteres Olfato- Gustativos.
- Caracteres de Consistencia o Textura.

Apariencia

Es el conjunto de atributos que se aprecian con la vista. Para poder evaluar este atributo se toman en cuenta propiedades visuales, tanto externas como internas del queso. Para observar las características exteriores del queso, es preciso que éste se encuentre bien iluminado. En este apartado se describirán: la forma, dimensiones, peso aproximado y corteza (tipo y color).

En el caso de la apariencia interior se evalúa sus características sobre una sección del queso y apreciando la zona de la corteza, su espesor y color, indicativos del grado de maduración o ausencia de ella. En la pasta, el color, si es uniforme o presenta zonas más claras u oscuras. (Chamorro y Losada, 2002)

Sensaciones sápidas.

Los sabores principales de los alimentos son el salado, dulce, amargo, ácido. Todos ellos con importancia en el queso, especialmente el salado por la adición de sal, y el ácido por la formación de ácido láctico; algunos quesos pueden llevar azúcar. Por su parte, el amargor en los quesos viene dado por la aparición de péptidos originados principalmente de las regiones hidrofóbicas de las proteínas. El análisis de los compuestos sápidos se lleva a cabo por diversas técnicas desde técnicas de química analítica clásicas, a técnicas instrumentales con cromatografía, electroforesis, métodos enzimáticos (Fox *et al.*, 2000).

Compuestos volátiles, aroma.

El aroma de los quesos es complejo y variado. Alguno de los atributos más utilizados para describir sensorialmente el aroma de los quesos son: 'a crema', 'a yogur', agrio, 'a fruta', herbáceo, amoniacal, 'a establo', 'a leche', 'a moho', 'a nuez' etc. (Fox *et al.*, 2000; Retiveau *et al.*, 2005).

Son numerosos los compuestos importantes en el *flavor* de los distintos quesos obtenidos mediante cromatografía de gases, normalmente con un detector de espectrometría de masas. Estos compuestos pertenecen a las familias de los alcoholes, ácidos, compuestos nitrogenados, azufrados, cetonas y aldehídos, ésteres e incluso terpenos (Fox *et al.*, 2000) y proceden de las materias primas, de las reacciones de proteólisis y lipólisis enzimáticas (catalizadas por enzimas endógenas o microbianas), de otras reacciones bioquímicas mediadas por las bacterias, la reacción de Maillard, Strecker y de la oxidación de las grasas (Fox y Wallace, 1997). A través de estas reacciones que producen el *flavor* y cuando hay una descompensación de las mismas o se dan reacciones inapropiadas el *flavor* del queso puede desviarse de lo normal y esperado, adquiriendo matices no deseados que disminuyen su calidad (olores rancios, afrutados, químicos, etc.).

Color

El color de los quesos puede medirse subjetivamente por comparación con tablas de color y objetivamente usando un aparato medidor de color (espectrofotocolorímetro), (Matzdorf *et al.*, 1994; McMahon *et al.*, 1993). Lozano *et al.*, (2002) realizaron la determinación objetiva del color, a través de la espectrofotometría de reflectancia, ya que esta técnica instrumental es uno de los métodos más utilizados debido a su estrecha correlación con la percepción visual del ojo humano. Esta metodología permite evaluar los cambios de color a lo largo del tiempo, sobre una misma muestra y sin necesidad de su destrucción; por lo que constituye una técnica rápida y fácil de realizar..

Textura

Los atributos sensoriales de textura son varios y se dividen en características mecánicas, geométricas entre otras (Fox *et al.*, 2000). Dentro de los métodos instrumentales para determinar la textura de los quesos, uno de los métodos más utilizados es, el perfil de textura en el cual se determinan propiedades primarias como la dureza, cohesividad, elasticidad y adhesividad y otras secundarias como la fracturabilidad, masticabilidad, gomosidad. Según Gómez (2005), los ensayos de compresión-relajación también son adecuados para la caracterización de quesos.

3.8 Tecnología de fabricación del queso y su influencia sobre las propiedades funcionales y sensoriales

La elaboración del queso es un proceso complejo en el cual se utilizan diversas materias primas y en el que intervienen desde el punto de vista tecnológico varias etapas u operaciones y desde el punto de vista bioquímico, diversas transformaciones en sus componentes. Unas y otras pueden de alguna u otra forma influir en el rendimiento, la composición y la calidad del queso. En la elaboración de los diferentes tipos de quesos no se llevan a cabo todas las operaciones posibles en quesería, la intensidad o forma en las que éstas se realizan es variable. Las operaciones más frecuentes que pueden afectar a las propiedades funcionales y sensoriales del queso son las que se mencionan a continuación.

3.8.1 Recepción de la leche

Indudablemente el primer paso en la elaboración de quesos incluye la recepción de la materia prima y todas las actividades implícitas en esta. Se debe asegurar la calidad de todos los ingredientes y aditivos a utilizar así como, la calidad de la leche.

En la actualidad las leches de vaca, búfala, cabra y oveja son utilizadas para la elaboración de queso; sin embargo presentan grandes diferencias en su composición. En este trabajo todos los quesos estudiados fueron elaborados con leche de vaca.

3.8.2 Homogeneización

La homogeneización de la leche previa a la elaboración de los quesos y su efecto sobre las propiedades funcionales han sido extensamente estudiadas, aún cuando la homogeneización no se practica comercialmente. Se ha reportado que los quesos hechos con leche homogeneizada a baja presión (400 kPa) tienen una derretibilidad y viscosidad aceptables, mientras que la homogeneizada a una mayor presión (6700 kPa) muestra efectos negativos en su comportamiento de derretimiento (Lelievre *et al.*, 1990).

La homogeneización produce una modificación de la estabilidad de las gotas de grasa, y la leche coagula más fácilmente, y el coagulo formado es mucho más blando, poroso y permeable. La homogeneización de la leche o de la nata, reduce el tamaño de los glóbulos grasos pero aumenta su número de forma considerable. El diámetro de gota de la leche ya homogeneizada es alrededor de 1 μm , que sigue reflejando las longitudes de ondas largas, siendo este el motivo que permite un aumento del color blanco de la leche y el poder colorante de la nata luego de la homogeneización (Manual de industrias lácteas Alfa Laval).

3.8.3 Estandarización de la leche

La estandarización es un proceso de manipulación de la composición de la leche. (García, 2006). La composición de la leche además de influir sobre el rendimiento quesero (Fox *et al.*, 2000) influye sobre la composición y las características del queso. La leche normalmente se estandariza en contenido en grasa y en sólidos no grasos, obteniéndose distintas proporciones G (grasa)/ C (caseína) o grasa/extracto seco, que en parte determinan el cociente grasa/extracto seco del queso; por ejemplo, en el caso del queso Oaxaca el coeficiente de correlación lineal (R) del cociente grasa/extracto seco de la leche con respecto al cociente grasa extracto seco del queso fue de 0.93 (Ramírez, 2006).

A medida que el contenido graso de los quesos se incrementa, éstos se ablandan y se dificulta su rebanado o cortado (McMahon *et al.*, 1993), aumenta su derretibilidad (Tunick *et al.*, 1991) y hay una disminución en la retención de Grasa durante el fundido cuando el porcentaje grasa sobre extracto seco

excede el 37% (Kindstedt y Rippe, 1990). Una disminución del contenido de grasa resulta normalmente en cambios físicos y sensoriales que pueden empobrecer la calidad del producto (McMahon *et al.*, 1993). La textura en particular se ve notablemente afectada en dichos quesos, que son duros y gomosos.

3.8.4 Tratamiento térmico

Con la pasteurización se persigue disminuir el número de bacterias presentes en la leche y destruir todas las bacterias patógenas (Walstra *et al.*, 2001). De esa manera podremos obtener un queso de mejor calidad y más seguro para el consumidor, siempre y cuando se aseguren las normas higiénicas durante el proceso posterior de elaboración de los quesos.

Todos los quesos que se van a consumir antes de 2 meses de su elaboración deben de ser pasteurizados de acuerdo a lo establecido a la NOM 121/1994.

La pasteurización además permite inhibir ciertas enzimas como las lipasas que pueden traer problemas de rancidez en los quesos. Algunos quesos madurados deben su sabor y aroma a la acción lipolítica de los enzimas, razón por lo cual se consiguen comercialmente preparaciones de lipasas para la elaboración de esos quesos cuando se ha pasteurizado la leche. Además, al pasteurizar la leche se necesita suplementar a la misma con calcio soluble por el proceso de insolubilización del Ca de la leche y también se necesita utilizar cultivos iniciadores en los quesos acidificados (Eck, 1990).

3.8.5 Inoculación y premaduración de la leche

En la elaboración de algunos quesos donde se busca una cuajada mixta (coagulación ácida + enzimática), se emplean cultivos iniciadores y la leche se deja madurar antes de la coagulación. Es decir, se deja en reposo a una temperatura controlada, la cual debe ser similar a la óptima para el crecimiento de los cultivos, por un tiempo determinado hasta alcanzar una acidez determinada según el tipo de queso que se vaya a elaborar. En la mayor parte de los quesos Mexicanos la premaduración se lleva a cabo hasta conseguir un incremento de 1.5-2 °D en la leche (Comunicación personal, Guillermo Silva

Silva).

La función principal de los cultivos lácticos o *starters* es la producción de ácido láctico a partir de la lactosa. El ácido láctico promueve la formación y desuerado de la cuajada. Así mismo, evita que crezcan en ésta microorganismos patógenos debido a que disminuye el pH y le confiere un sabor ácido. Así pues, la acidez obtenida influirá en las características de la cuajada y por lo tanto del queso. Además, los *starters* dan lugar a sustancias responsables del aroma y afectan en la maduración principalmente mediante acciones proteolíticas (ruptura de proteínas) y lipolíticas (ruptura de las grasas) mediada a su potencial enzimático (Beresford *et al.*, 2001). En este sentido, se han descrito *starters* que por su acción proteolítica específica pueden causar amargor en los quesos (Fox *et al.*, 2000). Como otro ejemplo de la importancia de los *starters*, en el queso Mozzarella y también en el Oaxaca se ha estudiado el efecto de la proporción bacilos/cocos y la cantidad de inoculación sobre el proceso y características del queso (Yun *et al.*, 1995b; Franco, 1999).

A parte de los *starters* en la leche y cuajada durante la elaboración del queso se instaura una flora diversa que llega del ambiente (especialmente en sistemas abiertos de elaboración de quesos, como es el caso de muchas plantas en el estado de Hidalgo) o bien es flora que sobrevive a la pasteurización. En general su presencia se considera negativa pero esto no siempre es cierto (Fox *et al.*, 2000). El crecimiento de estas bacterias se produce generalmente después del crecimiento de los *stárters*, es decir, después de que estos hayan metabolizado la lactosa (Beresford *et al.*, 2001)

3.8.6 Coagulación y corte de la cuajada

La coagulación de la leche normalmente se puede dar de tres formas:

La **coagulación láctica o ácida** realizada por las bacterias ácido lácticas presentes en la leche cruda o procedente del fermento, que transforman la lactosa en ácido láctico haciendo descender el pH de la leche, lo que produce la alteración de la caseína hasta la formación del gel.

La **coagulación enzimática** se produce cuando se añade cuajo a la leche. El cuajo es una enzima proteolítica que actúa desestabilizando a la caseína, lo que da lugar a la formación de un “gel” o coágulo que engloba al suero y los

glóbulos grasos en su interior. Igualmente, su actividad proteolítica conduce a la formación de compuestos que serán utilizados por los *starters* para su multiplicación.

A parte de estos dos tipos de coagulación la mayoría de los quesos se elaboran por medio de una **coagulación mixta**, intermedia entre los tipos de coagulación antes mencionados (Scott, 1991).

Otro paso de considerable importancia en la fabricación del queso es la adición del cuajo. En los quesos frescos, de coagulación generalmente láctica, se utilizan pequeñas cantidades de cuajo y temperaturas bajas (15-20°C) para evitar la actividad óptima de la enzima. En este tipo de coagulación el cuajo se emplea más bien para facilitar el desuerado, por su acción coagulante y capacidad proteolítica a lo largo de la maduración. En el caso de los quesos de coagulación enzimática se añaden cantidades de cuajo muy superiores y se coagula a temperatura más elevada (30-35°C) para acelerar la formación de la cuajada. Por otro lado, en los quesos de coagulación mixta se emplea una cantidad de cuajo considerable a una temperatura que permita el desarrollo óptimo de los *starters* (28-32°C) y que al mismo tiempo garantice al cuajo condiciones de acción favorables.

La acción del cuajo en el ambiente abundante en Ca de la leche hace que la caseína coagule como paracaseinato rico en calcio, formando una estructura similar a una red, la cual engloba la grasa, los minerales insolubles, el agua y compuestos solubles durante la coagulación. Esta red va ganando consistencia con el tiempo y finalmente cuando el coagulo va a ser cortado esta ha adquirido la firmeza adecuada, si es muy blando se perderán sólidos en el suero durante el desuerado, mientras si es muy duro se retrasa la expulsión de suero durante los siguientes pasos del procesado y producen desgarros en la cuajada perdiéndose sólidos (Fox *et al.*, 2000). Así pues, el tiempo de coagulación influye sobre las características del queso.

La firmeza del cuajo, su textura y la velocidad con que estas evolucionan en el proceso de cuajado dependerán, fundamentalmente, de la cantidad de cuajo utilizado, de la temperatura, (velocidad de coagulación máxima a 40 - 42°C) y de la acidez de la leche, de la cantidad de caseínas y de Ca soluble en la leche (Veisseyre, 1998). Un descenso del pH de la leche, de 6,7 a 6 por

ejemplo, disminuye el tiempo de coagulación y conlleva la formación de un gel que se endurece más rápidamente. Este fenómeno es consecuencia de la influencia del pH a la vez sobre la actividad del cuajo, máxima a pH 5,5, y sobre la estabilidad de las micelas, que decrece con el pH por neutralización de las cargas negativas y liberación de iones Ca^{+2} .

El corte de la cuajada consiste en la división del coágulo en porciones con objeto de aumentar la superficie de desuerado y, por tanto, de favorecer la evacuación del suero. Según el tipo de queso, el cortado es más o menos intenso, desde un simple cortado en los quesos de pasta blanda a un corte en pequeños cubos en los de pasta más dura. Por tanto, existe para cada tipo de queso una dimensión óptima del grano. El cortado de la cuajada se efectúa utilizando unos instrumentos denominados liras, de las que existen distintos modelos manuales y mecánicos. El cortado de la cuajada debe realizarse lentamente con el fin de no deshacer del coágulo, pues de lo contrario se formarían granos irregulares que desuerarían con dificultad (Alais, 1991).

3.8.7 Agitación, acidificación y maduración de la cuajada y desuerado

La sinéresis que se produce en la cuajada después del cortado consiste en la separación del suero retenido en el coágulo, obteniéndose entonces la parte sólida que constituye la cuajada y la parte líquida que es el suero. Para permitir la salida del suero de la cuajada es preciso recurrir a acciones de tipo mecánico, como son el cortado y el removido, cuya acción se complementa mediante el calentamiento y la acidificación (Eck, 1990).

La evolución del pH en la pasta de queso en proceso, durante el manejo de los bloques en tina, influye decisivamente en la estructura y funcionalidad del producto, principalmente a través del efecto en el contenido de humedad y calcio. Al descender el pH, el fosfato de calcio coloidal, ligado a la caseína y a la para κ -caseína que forman la "malla" (o red de la cuajada), se vuelve soluble y migra hacia la fase acuosa (sérica), dejando la matriz estructural parcialmente desmineralizada (Lawrence *et al.*, 1984; Lucey y Fox, 1993) y muy hidratada. Un aumento en el contenido de humedad provoca una textura más blanda y una mayor derretibilidad (Tunick *et al.*, 1991). En el caso de los quesos de pasta hilada, la aptitud de la cuajada para el estirado e hilado en el proceso de

malaxado está principalmente relacionada con la cantidad de calcio disponible (Kosikowski y Mistry, 1997; Lucey y Fox, (1993). Demasiado calcio asociado a la caseína producirá una cuajada dura que se desgarrará y se fractura durante el hilado, mientras que muy bajo calcio producirá una completa pérdida de estructura y elasticidad.

La temperatura que alcanza la cuajada durante su tratamiento en tina, especialmente cuando ésta supera los 38 °C, parece jugar un importante rol en el color (Yun, 1993). Tunick *et al.* (1993) compararon el efecto de un rango de temperatura más amplio de 32.4-45.9°C y encontraron que la derretibilidad decrecía y la dureza aumentaba a medida que aumentaba la temperatura de cocción. Temperaturas mayores producían queso con menor humedad y disminuía la proteólisis durante el almacenaje (Tunick *et al.*, 1993).

La eliminación del suero de la tina obtenido como consecuencia de la coagulación de la leche y la sinéresis de la cuajada se puede hacer en diferentes etapas según el tipo de queso.

3.8.8 Salado

Se conoce que el cloruro sódico adicionado a los quesos posee un triple papel:

- Completar el desuerado del queso favoreciendo el drenaje de la fase acuosa libre de la pasta. Modifica igualmente, la hidratación de las proteínas e interviene en la formación de la corteza.
- Actúa, ya sea directamente o bien a través de la actividad del agua, sobre el desarrollo de los microorganismos y la actividad enzimática; por todo ello, actúa sobre el conjunto de la fase de afinado.
- Aporta su gusto característico y la propiedad de potenciar o enmascarar el sabor de determinadas sustancias que aparecen a lo largo de la curación del queso (Eck, 1990).

Existen diversas maneras de aplicarle sal al queso, entre las más utilizadas se encuentran:

- Salado en el suero, se elimina parte del suero y se coloca la sal directamente sobre los granos de cuajada, en la tina de coagulación. Se agita por unos minutos y luego se procede con el desuerado,.

Moldeado, prensado, etc. Generalmente se hace para quesos frescos.

- Salado en la masa del queso: se desuera y se coloca la sal a granel sobre los granos de cuajada, se amasan para permitir la distribución de la sal. En algunos casos la textura del queso cambia con este método de salar, consiguiéndose una textura granular y desmenuzable.
- Salado sobre la superficie del queso: se realizan uno o varios frotados con sal sobre la superficie de queso ya luego del moldeado y prensado. La sal por osmosis va migrando desde la superficie hacia el interior. Se favorece el salado en quesos de menor tamaño, porque la sal llega más rápidamente al centro.
- Salado en salmuera: la mayoría de los quesos se salan por este método. El queso ya moldeado se sumerge en una solución saturada de sal (18 a 20%) preparada con agua potable la cual debe ser pasteurizada y mantenida a temperaturas de 8 a 10°C. El tiempo que permanecerán los quesos sumergidos dependerá de su tamaño y del contenido de sal deseado. Debe tomarse en cuenta que los quesos toman sal a la vez que pierden humedad, por lo cual la salmuera pierde fuerza, y debe ser estandarizada añadiendo más sal. Cada cierto tiempo debe ser filtrada y pasteurizada para asegurar su calidad microbiológica. Además debe ser controlado su pH el cual varía por la liberación de ácido láctico de los quesos.

El contenido de sal de los quesos puede influenciar las propiedades funcionales, particularmente las de fundido. Los quesos frescos que contienen un 1,78% de sal se han documentado como menos derretibles y viscosos que los quesos que contienen 1,06% de sal (Olson, 1982). Mayores concentraciones de sal (3,0%) también están documentadas como generadoras de mayor capacidad de retención de grasa al ser comparadas con quesos de baja sal (0,4%) (Kindstedt *et al.*, 1992). La funcionalidad de los quesos de más sal (2,4%) cambia más lentamente durante la maduración en comparación con los de menos sal (0,3%) (Cervantes *et al.*, 1983), debido

principalmente a proteólisis más lentas e inhibición del crecimiento de microorganismos.

El contenido en sal del queso también afecta considerablemente sus características sensoriales (Alais, 1991). A parte del sabor, los quesos con mucha sal tienden a tener una textura tipo cuajada, poco fundente, debido probablemente a la ralentización de la proteólisis. Por el contrario, un bajo contenido en sal ocasiona un queso pastoso normalmente acompañado de olores atípicos (Fox *et al.*, 2000)

3.8.9 Prensado

Se efectúa en prensas de queserías, con las que se ejerce sobre la cuajada determinada presión que puede aumentar progresivamente durante el curso de la operación. Las condiciones del prensado son distintas para cada tipo de queso, variando la presión a aplicar, el desarrollo y duración de la operación, etc.

Así, por ejemplo, en los quesos más intensamente desuerados las presiones utilizadas alcanzan progresivamente 16 a 18 Kg por Kg de queso, con una duración de 24 horas como mínimo, mientras que en quesos menos desuerados, se aplican presiones inferiores durante una pocas horas (Scott, 1991).

3.8.10 Maduración y conservación

Es la última fase de la fabricación del queso. La cuajada, antes de iniciarse la maduración, presenta una capacidad, volumen y forma ya determinadas. En el caso de los quesos frescos la fabricación se interrumpe en esta fase. Los demás tipos de queso si sufren una maduración más o menos pronunciada.

La maduración comprende una serie de cambios de las propiedades físicas y químicas del queso, los cuales afectan el aspecto, textura, aroma y sabor, y por lo tanto los quesos sufren cambios en sus propiedades sensoriales y funcionales. En el caso de los quesos frescos o poco madurados, estos cambios son menos evidentes en comparación con los quesos de larga maduración, esto se debe a que la conservación se da a temperaturas menores

y con intervalos más cortos de tiempo. En cualquier caso, la temperatura de maduración, el pH y la actividad de agua del queso determinan en gran medida la velocidad de las reacciones o fenómenos que se dan durante la misma (Fox *et al.*, 2000; Pastorino *et al.*, 2003).

Estudios recientes de las propiedades microbiológicas, proteolíticas y físico-químicas de los quesos tradicionalmente elaborados han provisto un gran entendimiento de los cambios que ocurren durante la maduración. En primer lugar, a lo largo del tiempo de conservación o maduración, el queso pierde humedad, esta pérdida de humedad se asocia a una disminución en la actividad de agua, a un cambio en la apariencia y en la textura del queso, lo que tiene como consecuencia un aumento en el color, la dureza, la concentración de las sustancias sápidas y aromáticas.

La proteólisis del queso durante su maduración o conservación afecta a la textura y sabor del queso por mecanismos relacionados con el ablandamiento debido a la ruptura de la estructura de caseínas, el incremento de pH al generar sustancias nitrogenadas básicas, la producción de sustancias sápidas y aromáticas al liberarse péptidos y aminoácidos de los cuales pueden generarse sustancias volátiles (Fox y McSweeney, 1996). Muchos autores han teorizado que los mayores cambios funcionales que tienen lugar en la maduración son debidos principalmente al quiebre de la matriz de caseína por la proteólisis (Fox *et al.*, 2000). Hay mucha evidencia que respalda esta teoría, ya que una proteólisis rápida y extensiva ocurre en el queso durante la maduración. En el queso, la proteólisis es el resultado de la acción residual del coagulante, las proteasas naturales de la leche y las enzimas del cultivo estárter (Sousa *et al.*, 2001).

Otro de los cambios importantes que ocurren durante la maduración del queso es la lipólisis, mediante la que se liberan ácidos grasos libres que contribuyen junto con los productos derivados de los mismos al aroma e incluso a un sabor picante (McSweeney y Sousa, 2000). Estas enzimas pueden proceder de la leche, del cuajo o de la microflora (Collins *et al.*, 2003). Las condiciones de maduración son diversas, los quesos duros maduran lentamente, de varios meses hasta de un año, a temperaturas de 4-14°C y humedad relativa baja (86-88%) para evitar el desarrollo de mohos, pero

suficiente para impedir una evaporación excesiva. Cuando se requiere el desarrollo superficial de microorganismos, se aumenta la superficie en relación con la masa del queso, se sala en seco con el fin de controlar la flora y se madura a 15-20°C y humedad relativa del 90-95%.

4. *MATERIALES Y MÉTODOS*

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Introducción

En este apartado, se describen las metodologías utilizadas para la determinación de las principales propiedades funcionales y sensoriales de las muestras estudiadas, se estructuraron en dos partes

- PRIMERA PARTE. Propiedades funcionales de los principales quesos elaborados en el Valle de Tulancingo, Hgo.
- SEGUNDA PARTE. Análisis sensorial de los principales quesos elaborados en el Valle de Tulancingo, Hgo.

Todos los análisis se llevaron a cabo en los laboratorios del Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

PRIMERA PARTE. Propiedades funcionales de los principales quesos elaborados en el Valle de Tulancingo, Hgo.

4.2 Toma y preparación de las muestras

Se analizaron 6 tipos de quesos diferentes elaborados en industrias de la región del Valle de Tulancingo, Hidalgo, entre los cuales se encuentran: Tipo Panela, Manchego Mexicano, Manchego Botanero, Tenate, Morral y Tipo Oaxaca. Las muestras se obtuvieron directamente de diversos establecimientos de la ciudad de Tulancingo, Hgo. Se tomaron entre 6 y 10 muestras por cada tipo de queso, provenientes de diferentes industrias. La cantidad de queso por muestra fue como mínimo 200 g, los cuales fueron transportados al laboratorio en el envase proporcionado por el expendio.

Una muestra representativa de 200 g se homogeneizó con una picadora doméstica marca moulinex y se mantuvo a una temperatura de -18 °C hasta el momento de su análisis.

4.3 Análisis de las propiedades funcionales del queso

A partir de las muestras homogeneizadas y congeladas se determinaron los siguientes parámetros: tiempo de fundido, porcentaje de extensión durante el fundido, viscosidad aparente máxima y color después del fundido.

4.3.1 Tiempo de fundido

Se determinó el tiempo de fundido siguiendo las recomendaciones descritas por Guinee *et al.*, (2000) con algunas modificaciones, las cuales se describen a continuación. Se colocó una cantidad de queso homogeneizado en forma de cilindro de 4.5 cm diámetro y 0.6 cm de altura, pesando aproximadamente 11.5 g sobre un trozo de papel aluminio. Las muestras de queso se metieron en el horno (previamente calentado) a una temperatura de 280 °C. Seguidamente se cronometró el tiempo necesario para su fundido, que se define como el momento en el que el queso formó una masa homogénea, es decir que a simple vista no se podían percibir los gránulos de queso. El análisis del tiempo de fundido de cada uno de los quesos se llevó a cabo por triplicado.

4.3.2 Porcentaje de extensión durante el fundido del queso

Este análisis se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones descritas por Guinee *et al.*, (2000), con ciertas modificaciones, las cuales se describen a continuación. Las muestras de queso a las que se refiere el apartado 4.3.1, se dejaron en el horno hasta completar un tiempo total de 4 min, desde el momento en el que se introdujeron en el mismo. Posteriormente, se procedió a retirar la muestra del horno y se marcó el diámetro final.

Para calcular el porcentaje de fundido, en primer lugar se quitó el queso del papel de aluminio, se cortó el papel de aluminio hasta donde se marco el diámetro final y se peso, obteniendo así el P₂. En segundo lugar, se cortó el círculo que marcaba el diámetro inicial y se pesó, obteniendo así el P₁. Por último, se calculó el porcentaje de extensión durante el fundido mediante la siguiente operación:

$$\% \text{ de fundido} = 100 \times (P_2 - P_1) / P_1$$

Donde:

P2: peso del papel aluminio hasta donde se extendió el queso.

P1: peso de la circunferencia inicial marcada de papel aluminio.

4.3.3 Determinación de viscosidad aparente máxima

El análisis de viscosidad se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones descritas por Guinee y Callaghan (1997), que se describen a continuación. Aproximadamente 30 g de queso se colocaron en un crisol y éste se llevó a un baño María a una temperatura de 70°C. El crisol se mantuvo en el baño hasta que consiguió equilibrarse la temperatura, llevándose a cabo entonces la lectura de viscosidad. Se utilizó un viscosímetro –modelo Brookfield DV-II+– suplementado con un *helipath* y una aguja tipo T-E. Para realizar esta lectura la aguja fue introducida en el crisol –que contenía el queso – a una profundidad de 29 mm y se mantuvo girando la aguja a 5 rev/min durante 15 min. Pasado este tiempo, se activó el *helipath* simultáneamente permitiendo a la aguja rotar sobre su propio eje y a la vez moverse primero hacia arriba y luego hacia abajo a través del queso fundido a una velocidad de 22 mm/min, –un minuto en cada dirección. La duración del periodo de la prueba fue de 2 min. Los valores de viscosidad aparente fueron monitoreados y registrados cada 10 s. Se tomó el valor de viscosidad máximo obtenido después de realizar la media móvil a la curva con los datos de viscosidad registrados.

4.4 Medición del color después del fundido

Después de fundir los quesos, se procedió a medir el color, usando un espectrofotocolorímetro de reflectancia (Minolta CR-300). Los parámetros que se midieron fueron L*, a* y b*; antes de la medición de estos parámetros, el instrumento fue calibrado usando una superficie de color blanco estándar. Las mediciones se realizaron por triplicado con un ángulo del observador de 10° y el iluminante de D 65 sobre la superficie de cada una de las muestras de queso colocadas sobre una base de *pizza*.

Parámetros de color medidos:

L* = Luminosidad

a* = índice de rojos y verdes

b* = índice de amarillos y azules

SEGUNDA PARTE. Análisis sensorial de los principales quesos elaborados en el Valle de Tulancingo, Hgo.

4.5 Análisis Sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo con un grupo de 12 jueces (4 hombres y 8 mujeres) con una edad promedio de 25 años. Todos ellos estudiantes y profesores del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. Los jueces recibieron un entrenamiento previo a la evaluación de las muestra de quesos.

4.5.1 Entrenamiento de catadores

Para el entrenamiento, presentación de muestras y procedimiento en general del análisis sensorial se siguieron las recomendaciones de (Poste *et al.*, 2000).

La fase de entrenamiento se desarrolló en 10 sesiones, cada una de ellas tuvo una duración de 15 min. Después de una sesión introductoria, los catadores fueron entrenados en el reconocimiento y evaluación de intensidad de los sabores, olores y atributos de textura parámetros a evaluados en los diferentes tipos de quesos, empleándose tres sesiones para cada reconocimiento (tres para sabor, tres para olores y tres para textura) y una último sesión donde se evaluaron todos los parámetros antes descritos:

Las sesiones de entrenamientos antes descritas se realizaron de la siguiente manera:

- ◆ Pruebas de reconocimiento y definición para la memorización de los sabores fundamentales, los olores y atributos de textura evaluados.
- ◆ Utilización de muestra de referencia, para memorizar y evaluar la intensidad, utilizando una escala estructurada de 9 puntos, donde 1 fue ausencia total del atributo y 9 presencia del atributo por enzima de lo esperado en cualquier queso mexicano.
- ◆ Obtención de valores de referencia de los parámetros estudiados en una escala estructurada de 9 puntos. La referencia fue obtenida del promedio de los valores otorgados por los jueces.

4.5.2.1 Entrenamiento de atributos gustativos

En la primera sesión se evaluó el sentido del gusto siguiendo las recomendaciones de Chamorro y Losada (2002), como se indica a continuación. Se prepararon soluciones acuosas de 15 g/100 mL de fructosa para el sabor dulce, 2 g/100 mL de ácido cítrico para el sabor ácido, 4.7 g/100 ml de cloruro sódico para el sabor salado, 0.7 g de cafeína/100 mL para el sabor amargo. Así mismo, se preparó una dispersión de chile jalapeño obtenida machacando 6 g chile en un mortero con 15 mL de agua, que después de ser filtrada se utilizó la dispersión para el entrenamiento de la sensación picante en cantidades consideradas adecuadas.

A partir de las soluciones mencionadas en el párrafo anterior, se prepararon dos muestras estándar para cada atributo, una de concentración baja y otra de concentración alta, mezclando las cantidades indicadas en la Tabla 4.1 con requesón (Chamorro y Losada, 2002).

Las muestras de concentración baja y alta de cada atributo fueron etiquetadas con el sabor que contenían y presentadas a los jueces. Una vez que los jueces se identificaron con los sabores básicos; se presentaron las 5 muestras estándar de concentración baja en un plato sin identificación y se solicitó a los jueces que clasificaran las muestras según el sabor o sensación picante que contenían de acuerdo a la hoja de respuestas que se encuentra en el Anexo 1.

Tabla 4.1 Volumen de solución y peso de requesón mezclados para obtener las muestras estándar de concentración baja y alta.

	Baja		Alta	
	mL de solución	g requesón	mL de solución	g requesón
Dulce	6	200	20	200
Ácido	7,5	200	30	200
Salado	12,5	200	30	200
Amargo	15	200	25	200
Picante	3.3	200	11.7	200

En la segunda sesión de entrenamiento de sabores se volvieron a presentar las muestras de requesón estándar de concentración baja y alta preparadas como se indicó anteriormente. Se pidió a los jueces que evaluaran la intensidad del sabor o sensación picante correspondiente, marcando en una escala estructurada de 9 puntos (Anexo 2) el valor percibido en cada muestra. Por otro lado la hoja de respuestas utilizada en esta prueba se encuentra en el Anexo 3. Con los promedios de las puntuaciones obtenidas por los jueces, se fijaron los valores de cada una de las muestras estándar que coincidieron ser 2 para la baja y 7 para la alta, según se muestra en la hoja de respuesta que se encuentra en el Anexo 4.

En la última sesión, se utilizaron las muestras estándar con valores de intensidad intermedia en una escala estructurada de 9 puntos, que se utilizaron como calentamiento para recordar las intensidades de cada muestra estándar.

Posteriormente se evaluó un queso manchego mexicano utilizando la escala antes mencionada (Anexo 5).

4.5.2.2 Entrenamiento de caracteres aromáticos

El entrenamiento de los caracteres aromáticos también se dividió en tres partes, las cuales fueron realizadas en diferentes sesiones de forma paralela a la descrita para los olores. En la primera sesión de entrenamiento de olores consistió en el reconocimiento de los mismos, la segunda en la asignación de

valores en la escala a los estándares y en la tercera a la evaluación de un queso.

Los estándares utilizados y, en su caso, la forma de preparación se muestran en la Tabla 4.2. Para su preparación se siguieron las indicaciones de Chamorro y Losada (2002). Las alícuotas de los estándares que se ofrecieron a los jueces consistieron en pequeños vasos de plástico con unos pocos mL de estándar y fueron presentados a los jueces para su reconocimiento primero y posteriormente, con los vasos codificados para su identificación, en este último caso según la hoja de respuestas que se muestra en el Anexo 6.

En la segunda sesión de entrenamiento de olores los jueces puntuaron la intensidad de olor de los estándares anteriormente descritos en una escala de 1 a 9, ausencia y presencia por encima de lo esperable, respectivamente. Para esta evaluación se utilizó una hoja de respuestas como la que se muestra en el Anexo 7. Con los valores medios otorgados por los jueces se elaboró la hoja de entrenamiento del Anexo 8, que se utilizaría en la tercera sesión.

Es esta última sesión se presentaron a los jueces los estándares y las puntuaciones de referencia de cada uno y se pidió a los jueces que asociaran y memorizaran las sensaciones y las puntuaciones (siguiendo la ficha del anexo 8.) y que evaluaran un queso manchego en presencia de los estándares, utilizándose una ficha de cata como la que se muestra en el Anexo 9.

Para todas las pruebas de reconocimiento, identificación y evaluación de olores se procedió a abrir los vasos codificados y perfectamente tapados que contenían cada una de las sustancias, una vez abierto rápidamente se aspiró el olor e inmediatamente se tapó, para evitar la contaminación de olores en el ambiente.

Tabla 4.2. Olores que fueron objeto de entrenamiento y referencias o estándares utilizados.

Familias y subfamilias	Olor	Referencia o Preparación
Lácteo fresco	Leche fresca/queso fresco	Leche pasteurizada
Lácteo cocido	Leche cocida o mantequilla cocida	Leche UHT entera.
Establo	Establo de vacas, estiércol de bovino.	Leche que estuvo en contacto durante unas horas con paja sobre la que se han acostado las vacas en proporción 1/100 (peso/volumen)
Lácteo acidificado	Fermentación láctica	Cultivo, leche acidificada con cultivos mesófilos homofermentativos
Mantequilla	Olor a mantequilla	Mantequilla comercial mezclada con leche en proporción 1/10 (peso/volumen)
Intensidad olor	Aroma a queso	Aroma a cheddar (1 ml/300 mL de leche para la concentración baja y 5 ml/300 mL para la alta)

4.5.2.3 Entrenamiento de caracteres de textura y de la persistencia del flavor

El entrenamiento de los catadores para los caracteres de textura y persistencia del flavor se dividió en tres sesiones al igual que para los caracteres de sabor y olor. Los caracteres o atributos de textura evaluados fueron la friabilidad, la humedad y el carácter fundente, y las definiciones y estándares utilizados para el entrenamiento son los descritos por Chamorro y Losada (2002).

La friabilidad se evaluó masticando los estándares o las muestras de 2-4 veces con las muelas y valorando el número de trozos generados. Los ensayos se realizaron con las siguientes referencias:

Clara de huevo	→	Nada desmenuzable
Salchicha	→	Desmenuzable
Mantecada	→	Muy desmenuzable

Para la evaluación de humedad se colocó la muestra en la boca y se valoró el grado de humedad entendido como la cantidad de agua absorbida o liberada en la boca. Las muestras de referencia fueron:

Galleta salada	→	Seco
Manzana	→	Húmedo
Sandía	→	Acuosa

Para evaluar la característica de fundente se colocó la muestra en la boca y se presionó con la lengua y el paladar. Se evaluó la capacidad de formar una pasta, la facilidad de licuar y fundir la muestra sin necesidad de mucha saliva. Los ensayos se realizaron con las siguientes referencias:

Clara de huevo	→	Nada fundente
Queso fundido	→	Muy fundente

Por último también se midió la persistencia del flavor del queso la cual consistió en masticar y tragar completamente la muestra después de esto se procedió a cronometrar los segundos necesarios en los que el sabor del queso desaparecía de la boca o se desvirtuara.

La primera sesión consistió en comprender las definiciones y probar las referencias para practicar. La segunda sesión consistió en puntuar las referencias y colocarlas en una escala de 1 a 9, siendo 1 ausencia y 9 presencia en mayor cantidad de la esperable en un queso para lo cual se utilizó la hoja de respuestas que se muestra en el Anexo 10. Los resultados promedio se utilizaron para elaborar la hoja que se muestra en el Anexo 4.11, que se utilizó en la tercera sesión con el fin de asociar las sensaciones de textura evaluadas a los valores de la escala. En esa tercera sesión también se puntuó un queso manchego.

4.5.2.4 Pruebas de Evaluación (sabor, olor y textura) de los quesos

Se evaluaron 5 quesos de los tipos Panela, Oaxaca, Morral, Manchego, Manchego Botanero y Tenate adquiridos en el mercado local de la ciudad de Tulancingo, Hgo., elaborados por empresas locales en su punto medio de vida útil y transportados al laboratorio inmediatamente para su análisis al día o los dos días siguientes.

Las pruebas de evaluación del sabor, olor y textura de los quesos, se llevaron a cabo en una sesión para cada tipo de queso. Las muestras de queso a degustar se presentaron en platos de plástico perfectamente codificados con una clave de 3 dígitos que contenían 5 cubos de 1.5 x 1.5 cm de cada queso cubiertos con plástico transparente. Las muestras fueron introducidas por una puerta de tal manera que no hubo contacto alguno entre el catador y el exterior de la cabina una vez que había comenzado la sesión de cata. De este modo cada catador tenía 5 platos, uno para cada queso, con 5 cubos de queso cada uno. Las puntuaciones se llevaron a cabo teniendo en cuenta lo memorizado sobre las intensidades de las referencias utilizadas en los entrenamientos.

Los análisis se realizaron en el siguiente orden: primero se evaluó el olor, de las muestras presentadas, esto se debió principalmente a que las muestras se presentaron cubiertas con plástico para evitar que escaparan los olores y se contaminara el ambiente y además también para que se conservarán mejor sus olores característicos. El procedimiento para evaluar el olor consistió en romper la muestra en dos, aspirar rápidamente el olor y puntuar los atributos de olor. Para esta prueba se utilizó una hoja de respuestas como la que se muestra en el Anexo 12.

En segundo lugar se realizó la prueba del sabor y la sensación picante, para esta prueba se pidió a los jueces que distribuyeran la muestra uniformemente en la boca y que la dejaran allí por un pequeño tiempo, para que pudieran percibir mejor los sabores de cada queso. Para este análisis también se utilizó una hoja de respuestas la cual se encuentra en el Anexo 13.

Por último se realizó el análisis de las características de textura siguiendo la hoja que se encuentra en el Anexo 14. Finalizando la evaluación de la textura dentro de esta prueba se debía también de medir la persistencia del sabor del queso, la cual consistió en masticar y deglutir la muestra para evaluar la persistencia (meter la muestra en la boca y después de tragada evaluar la duración del flavor del queso, emitiendo el resultado en segundos. En esta prueba se utilizó con un cronometro para mejores resultados.

4.6 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una vía de las siguientes variables: % de extensión durante el fundido, tiempo de fundido, viscosidad aparente, parámetros del color y análisis sensorial y con el fin de detectar diferencias significativas entre quesos se aplicó el test *post hoc* de Tuckey. Además se realizaron regresiones lineales múltiples con el método *forward stepwise*, correlacionando las propiedades de fundido y el color con los parámetros de composición de los quesos estudiados, utilizando para ello datos obtenidos por nuestro grupo de investigación en trabajos previos (García, 2006 y datos no publicados). Para todos estos análisis se empleo el programa “STATISTICA for Windows”, versión 7.0 (StatSoft, Tulsa, EE. UU.).

5. RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 Queso Manchego Mexicano

Materia prima: Leche de vaca

Coagulación: mixta, la cuajada se acidifica principalmente en prensa

Maduración: corta, de unos pocos días en cámara fría a temperaturas entre 5-10 °C; se recomienda una maduración mínima de 7 días.

Almacenamiento: Tras la maduración el queso se empaca en bolsas, con o sin vacío, y puede seguir madurando en la cámara de almacenamiento o distribución a 5-10 °C durante semanas hasta su venta y consumo.

Características físico-químicas básicas (basadas en los intervalos de confianza al 95% de los resultados de análisis previos):

- Grasa sobre extracto seco: no inferior 45% (queso graso)
- Humedad: inferior al 45%
- Humedad/Materia desengrasada: 0.57-0.61
- Humedad/Materia seca desengrasada: 1.2-1.6
- pH: 5.1-5.5
- a_w : 0.962-0.974

5.1.1 Características sensoriales

A continuación se describirán las características principales que definen al queso **Manchego Mexicano** y se mostrarán los perfiles sensoriales obtenidos por análisis sensorial.

Características de apariencia

Forma: tradicionalmente tiene una forma cilíndrica como se muestra en la figura 5.1, (aunque alguna empresa lo fabrica en forma de prisma rectangular para facilitar la operación de rebanado).

Peso, altura y diámetro: el peso de los quesos varía entre 4 y 0.4 kg. La presentación más frecuente de estos quesos fue la de 0.5 kg. La altura de los quesos suele estar comprendida entre 4 y 7 cm y el diámetro entre 9 y

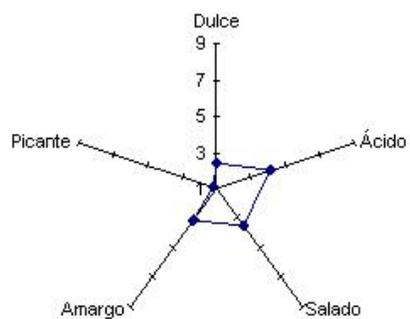
23.0 cm, siendo los valores inferiores de estos rangos los más frecuentes. La relación media altura/diámetro está en torno a 0.4.

Corteza: prácticamente no tiene o es muy fina, casi indiferenciada, de superficie lisa y cerrada.

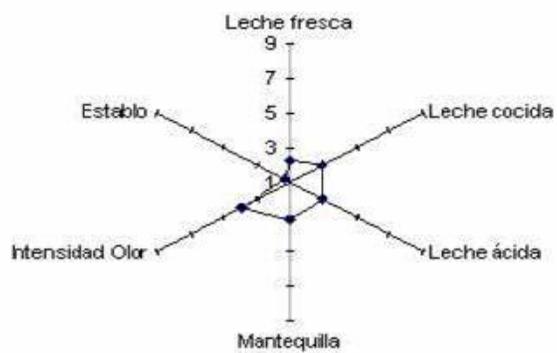
Pasta: pasta semi-dura; lisa; con buena aptitud para el rebanado (no se rasga ni se desgrana al ser cortada); ligeramente brillante, pero no por exudación de suero o percepción de humedad; semicerrada, presenta unos pocos ojos pequeños (2-6 ojos por cm²) predominantemente irregulares; de color variable entre blanco-crema, marfil y amarillo tenue.



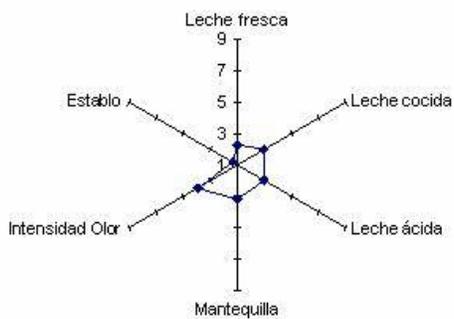
Figura 5.1 Queso Manchego mexicano, elaborado en el Estado de Hidalgo.



a)



b)



c)

Figura 5.2 Atributos sensoriales del queso Manchego mexicano; a) perfil del sabor, b) perfil del olor, y c) perfil de textura.

Características olfato-gustativas: aroma moderado, típico de la familia láctica (leche, leche fermentada, mantequilla). Sabor equilibrado, no predomina lo salado, ni lo ácido, ni lo amargo.

Características de textura:

Tacto: consistencia semiblanda, no desuera a la presión, se deforma considerablemente recuperando la forma.

Boca: se deshace o funde en la boca, untuoso, pastoso, no debe desgranarse.

Los perfiles sensoriales obtenidos mediante el análisis sensorial en el queso manchego se muestran en la Figura 5.2. Según se desprende del perfil como se muestra en la Figura 5.2a, el sabor predominante en los quesos manchego mexicanos analizados (n=5) fue el ácido, seguido muy de cerca por el salado y el amargo, todos con puntuaciones inferiores a 5.

En relación al olor (Figura 5.2b), los olores a mantequilla, leche ácida y leche cocida son los predominantes y su puntuación es ligeramente menor a la intensidad aromática global. En cualquier caso las puntuaciones de los anteriores atributos se aproximan al valor de 3.

Respecto a la textura (Figura 5.2c), destaca el carácter fundente de este queso, valorado con 5 puntos. Finalmente, la persistencia del sabor fue de 50 s con una desviación estándar de 4 s.

5.1.2. Propiedades funcionales de fundido y viscosidad

En la Tabla 5.1 se describen las propiedades funcionales de fundido, tiempo de fundido y viscosidad aparente del queso **Manchego mexicano** procedentes de nueve industrias del valle de Tulancingo, Hgo. El porcentaje de extensión durante el fundido del queso manchego fue de 13.9 ± 3.8 , observándose variaciones importantes entre muestras. Con respecto al tiempo de fundido, éste fue de $2 \text{ min} \pm 0.5$. Mientras que la viscosidad aparente fue de 268393 cp, con un amplio rango de variación comprendida entre 85265 cp de mínima y 669600 cp de máxima.

Tabla 5.1 Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso manchego mexicano.

Muestra	Fundido (n=2)	Tiempo de fundido (n=2)	Viscosidad aparente (n=2)
1	13,9±1.8	2.13±0.04	456500±47376
2	18.7±2.0	2.13±0.18	145750±6718
3	18.9±1.7	2.15±0.07	164275±15167
4	15.4±3.1	1.75±0.06	148000±67882
5	14,4±0.8	1.23±0.04	85265±13767
6	15.6±1.2	1.43±0.04	89000±4243
7	9.1±1.1	2.20±0.07	669600±19233
8	9.2±1.5	2.78±0.32	381850±7990
9	9.7±0.9	1.78±0.32	275300±124027
Media ± DE	13.9±3.8	2.00±0.50	268393±198546
I.C. 95%	10.9-16.8	1.60-2.30	115777-421010

n: número de réplicas

I.C.: Intervalo de confianza

En la Tabla 5.2 se muestran los valores de color L*, a* y b* de las muestras de queso **Manchego mexicano** antes y después del fundido, los valores previos al fundido fueron tomados de los datos obtenidos por García (2006). Se puede observar como todos los parámetros de color después del fundido disminuyen con respecto al queso no fundido.

Tabla 5.2 Parámetros del color de los quesos Manchego mexicano (determinados por triplicado) antes (pre) y después del fundido (post).

Muestra	L* pre	L* post	a* pre	a* post	b* pre	b* post
1	73.8±0.9	64.8±1.6	5.1±0.2	1.2±2.4	22.4±1.8	17.5±0.4
2	80.5±0.6	67.8±0.5	5.5±0.5	0.5±1.6	24.7±0.2	18.6±0.1
3	81.1±0.9	67.2±0.5	2.2±0.3	2.3±3.0	22.1±0.8	20.2±0.9
4	78.3±3.4	68.5±0.8	2.4±0.1	3.5±0.9	24.4±0.9	20.2±1.9
5	77.4±4.7	62.7±1.2	2.3±0.2	3.7±1.2	22.0±1.8	19.1±1.4
6	81.5±0.1	64.9±1.6	6.2±0.2	2.5±0.3	24.8±1.2	17.8±0.8
7	83.7±0.1	67.1±2.0	1.7±0.2	0.7±1.3	22.0±0.9	19.9±2.0
8	82.6±1.1	71.3±0.7	4.5±0.2	0.3±0.1	22.6±0.6	22.3±0.6
9	77.5±4.7	64.8±1.7	2.4±0.2	0.2±0.4	22.1±1.8	16.6±1.3
Media±DE	79.6±3.1^a	66.6±2.5^b	3.5±1.6^a	1.5±1.6^b	23.0±1.2^a	19.1±1.7^b
I.C. 95%	77.2-82.0	64.6-68.6	2.3-4.9	0.2-2.7	22.1-24.0	17.8-20.5

I.C.: Intervalo de confianza

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

^{a, b} Medias de cada parámetro sin ninguna letra en común presentaron diferencias significativas con el análisis de varianza (p<0.05)

5.1.3. Correlaciones

La Tabla 5.3 muestra los coeficientes de correlación (R) de las variables fisicoquímicas y las propiedades de fundido analizadas en el queso **Manchego mexicano**. Como podemos apreciar hay pocas correlaciones con un valor R significativo, existe una correlación positiva ($p < 0.05$) entre la relación proteína/ES y el tiempo de fundido. Por otra parte también encontramos una correlación positiva ($p < 0.05$) entre el contenido en cenizas y la viscosidad aparente. Además, el fundido también estuvo negativamente correlacionado con la viscosidad aparente.

A continuación se muestran los parámetros seleccionados para realizar las correlaciones lineales múltiples de las propiedades funcionales y de los parámetros de color tras el fundido de los quesos, con respecto a diversos parámetros clave de composición del queso. La elección de estos parámetros de composición se ha realizado en base al significado que tiene cada uno como se indica a continuación.

- ◆ El porcentaje de humedad del queso indica tanto el contenido en humedad como el contenido en sólidos. El pH es indicativo de la acidificación que ha experimentado el queso durante su elaboración; aunque también el pH haya podido incrementarse a lo largo de su maduración, debido a los procesos de proteólisis (Sousa *et al.*, 2001).
- ◆ La grasa sobre extracto seco indica la relación grasa sobre sólidos totales en el queso. Es un parámetro que depende de la relación grasa/caseína de la leche (tal y como se ha observado para el queso Oaxaca (Carmona, 2006)). Además es inversamente proporcional a la cantidad de proteínas sobre extracto seco, por ser las proteínas, junto con la grasa los principales componentes de dicho extracto.
- ◆ La humedad sobre materia seca desengrasada está relacionada con el grado de hidratación de los sólidos no grasos del queso; y como dentro de estos sólidos las caseínas son los compuestos más abundantes, estaría relacionada con el grado de hidratación de las caseínas. Sobre ese grado de hidratación influye de forma importante

la intensidad de acidificación en tina –a más acidificación mayor hidratación (Pastorino *et al.*, 2003), también influye evidentemente el grado de secado del queso durante su maduración, y finalmente y de forma menos contundente el contenido en grasa sobre extracto seco –a más grasa más hidratación debido a una limitación física de la cuajada a expulsar humedad – (Fox *et al.*, 2000).

- ◆ La cantidad de sal sobre humedad es función tanto de la cantidad de sal adicionada al queso, de la humedad del queso en el momento del salado, y del grado de secado que experimentó el queso; este parámetro de sal sobre humedad está inversamente correlacionado con la actividad de agua (García, 2006).
- ◆ La cantidad de calcio sobre materia seca desengrasada indica el grado de desmineralización de la cuajada durante su trabajo en la tina, que depende del descenso de pH durante ese proceso (Pastorino *et al.*, 2003).
- ◆ Finalmente, el nitrógeno alfa aminoacídico es indicador del grado de proteólisis desarrollada en el queso (Sousa *et al.*, 2001).

Esta regresión múltiple se ha llevado a cabo para todos los parámetros de fundido y color de todos los quesos estudiados, pero solo se mostrarán los resultados cuando los coeficientes de correlación muestren un nivel de significación menor a 0.05).

En la Tabla 5.4 se muestran los resultados resumidos de las correlaciones lineales múltiples entre los parámetros del fundido del queso Manchego mexicano y los parámetros clave de la composición del queso. Sólo hubo correlaciones significativas en el caso del tiempo de fundido. Los parámetros de composición del queso con mayor correlación con el tiempo de fundido fueron el contenido en humedad sobre materia seca desengrasada y el contenido en sal sobre humedad, que mostraron una correlación positiva. Esta observación sugiere que los quesos que presentaron un mayor grado de hidratación de las caseínas y aquellos con mayor contenido en sal en la fase acuosa tardaron más en fundir. Además, el grado de proteólisis y el pH mostraron un efecto negativo, es decir, se asociaron a un acortamiento del

tiempo necesario para que el queso manchego mexicano fundiera. Todos los parámetros mencionados excepto el pH mostraron un efecto significativo.

Tabla 5.3 Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Manchego mexicano.

Variables	Fundido	Tiempo de fundido	Viscosidad Aparente
Humedad	0.33	0.60	-0.03
Humedad/MSD	0.32	0.62	-0.10
Proteína/ES	-0.32	0.75*	0.51
Grasa	-0.14	-0.49	-0.25
Grasa/ES	0.03	-0.12	-0.28
PH	0.24	0.39	-0.28
Lactosa	0.37	-0.54	-0.20
Cenizas	-0.65	0.49	0.69*
Na (mg/100g)	-0.38	0.28	0.36
NaCl/Humedad	-0.46	0.18	0.43
Ca (mg/100g)	-0.14	0.07	-0.13
Ca (mg/100g ESD)	0.01	0.23	-0.20
N α -am/NT (%)	0.37	-0.34	-0.38
Oleico (%)	0.20	-0.28	-0.12
Fundido	1.00	-0.29	-0.69*
Tiempo de Fundido		1.00	0.59
Viscosidad Aparente			1.00

Fundido: % de estiramiento al fundir

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

ES: extracto seco; ESD: extracto seco desengrasado

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

La correlación entre los parámetros físico-químicos de los quesos **Manchegos mexicanos**, el color previo y posterior al fundido se observan en la Tabla 5.5. Se detectaron correlaciones significativas ($p < 0.05$) negativas entre el contenido en cenizas y el parámetro de color a^* antes y después del fundido. También se detectó correlación positiva entre a^* antes y después del fundido.

Tabla 5.4. Regresión lineal múltiple ('método *forward stepwise*') del tiempo de fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso.

	Tiempo de fundido			
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
Hum/MSD	1.10 (0.14)	2.42	0.30	**
NaCl/Humedad	0.78 (0.11)	18.15	2.73	**
N α -am/N	-0.65 (0.12)	-0.56	0.10	**
PH	-0.22 (0.13)	-0.48	0.29	NS
Constante		1.13	1.42	NS
R ² ajustado		0.920** (EE=0.13)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, p<0.05; **, p<0.01; ***, p<0.001

α am/NT: nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno tota

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

NaCl/Humedad: cloruro sódico sobre humedad

Tabla 5.5. Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Manchego mexicano.

Variables	L*pre	a*pre	b*pre	L*post	a*post	b*post
Humedad	0.24	-0.12	-0.53	0.52	0.02	0.51
Humedad/MSD	0.09	-0.25	-0.58	0.56	-0.21	0.39
Proteína/ES	-0.26	-0.43	-0.64	0.47	-0.44	0.37
Grasa	-0.22	0.16	0.46	-0.34	-0.03	-0.37
Grasa/ES	-0.20	-0.03	0.09	-0.01	-0.20	-0.18
Ph	0.47	-0.09	-0.16	0.45	-0.07	0.58
Lactosa	0.44	0.31	0.39	-0.39	0.49	-0.28
Cenizas	-0.42	-0.77*	-0.48	0.22	-0.75*	-0.17
Na (mg/100g)	-0.13	-0.08	0.11	0.59	-0.15	0.49
NaCl/Humedad	-0.20	-0.04	0.19	0.44	-0.13	0.39
Ca (mg/100g)	-0.13	-0.39	-0.17	-0.23	-0.35	-0.44
Ca (mg/100g MSD)	-0.12	-0.37	-0.28	0.03	-0.37	-0.23
N α -am/NT(%)	-0.39	0.49	0.07	0.11	0.47	-0.01
Oleico (%)	0.50	0.02	0.25	-0.45	0.33	-0.40
L*pre	1,00	-0,07	0,13	-0,01	0,19	0,05
A*pre		1,00	0,61	-0,36	0,92*	0,09
B*pre			1,00	-0,38	0,59	-0,17

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

* : el coeficiente de correlación fue significativo (p<0.05)

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

En la Tabla 5.6 se muestran los resultados resumidos de las correlaciones lineales múltiples significativas entre los parámetros del color del queso Manchego mexicano y los parámetros clave de la composición del queso. La luminosidad estuvo influenciada principalmente por el contenido en sal sobre humedad y el contenido en humedad sobre materia seca desengrasada. En menor medida por el pH y el contenido en Ca sobre materia seca desengrasada. Los quesos con mayor grado de hidratación de las caseínas y con mayor contenido en sal en la fase acuosa mostraron una tendencia a ser más luminosos. Todos estos parámetros mostraron un efecto positivo y significativo. El coeficiente R^2 ajustado fue muy elevado (>0.99). Tanto las correlaciones del parámetro a^* como del b^* no mostraron coeficientes significativos.

Tabla 5.6. Regresión lineal múltiple ('método *forward stepwise*') de la luminosidad $-L^*$ con respecto a parámetros clave de la composición del queso.

	Valor L^* (luminosidad)			
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
NaCl/Humedad	1.01 (0.05)	128.9	6.0	***
Hum/MSD	0.75 (0.04)	9.0	0.5	***
pH	0.28 (0.04)	3.3	0.4	***
Ca/MSD	0.22 (0.05)	0.0012	0.0001	**
Constante		28.3	2.3	*
R^2 ajustado		0.991** (EE=0.23)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

NaCl/Humedad: cloruro sódico sobre humedad

Ca/MSD: Ca sobre materia seca desengrasada

5.2. Queso Manchego Botanero

Materia prima: Leche de vaca, chiles jalapeños (*Capsicum annuum*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*)

Coagulación: mixta, la cuajada se acidifica principalmente en prensa

Maduración: corta, de unos pocos días en cámara fría a temperaturas entre 5-10 °C; se recomienda una maduración mínima de 4 días.

Almacenamiento: Tras la maduración el queso se empaca en bolsas, con o sin vacío, y puede seguir madurando en la cámara de almacenamiento o distribución con una temperatura entre 5-10 °C durante semanas hasta su venta y consumo.

Características físico-químicas básicas (basadas en los intervalos de confianza al 95% de los resultados de análisis previos, García, 2000):

- Grasa sobre extracto seco: no inferior 45% (queso graso)
- Humedad: inferior al 50%
- Humedad/Materia desengrasada: 0.60-0.65
- Humedad/Materia seca desengrasada: 1.5-1.9
- pH: 5.2-5.6
- a_w : 0.961-0.975

5.2.1. Características sensoriales

A continuación se describen las características principales que definen al queso **Manchego botanero** y se muestran los perfiles sensoriales obtenidos por pruebas sensoriales.

Características de apariencia

Forma: tradicionalmente tiene una forma cilíndrica como se muestra en la figura 5.3 (algunas empresas lo elabora en forma de prisma rectangular facilitando así el rebanado).

Peso, altura y diámetro: el peso de los quesos oscila para las piezas grande entre 3 y 4 kg y para las piezas pequeñas de 0.4-0.5 kg.. La altura de los quesos suele estar comprendida entre 2.5 y 6 cm y el diámetro entre 10 y 20 cm, siendo los valores inferiores de estos rangos los más frecuentes. La relación media altura/diámetro está en torno a 0.35-0.4.

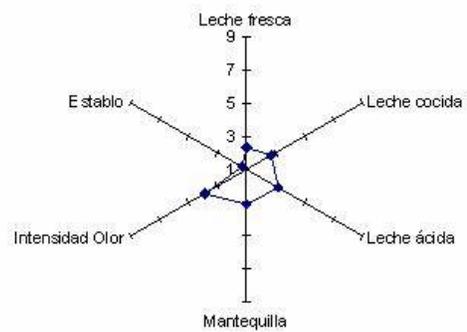
Corteza: prácticamente no tiene o es muy fina, casi imperceptible, en la superficie presenta trozos de chile y epazote. Los trozos de epazote y chile son especialmente grandes en las superficies superior e inferior.

Pasta: pasta semi-dura; lisa; buena aptitud para el rebanado (no se rasga ni se desgrana al cortarse); semicerrada, ojos irregulares en cantidad de 3-5 por cm², relativamente grandes, algunos debidos a huecos entre la pasta y los trozos de chile; color variable entre blanco perla, crema, marfil y amarillo tenue, con pintas verdes y rojas debidas a los trozos de chile y epazote.

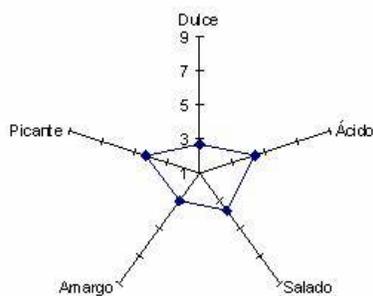


Figura 5.3. Queso Manchego botanero elaborado en el Estado de Hidalgo.

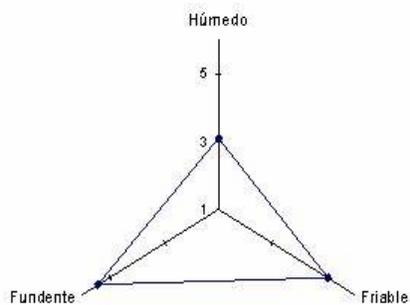
Características olfato-gustativas: aroma predominante a leche fermentada y hierbas (chile y epazote). Sabor y equilibrado entre el ácido, salado. Algo picante por el chile.



a)



b)



c)

Figura. 5.4 Perfiles sensoriales del queso Manchego Botanero; a) perfil de sabor, b) perfil de olor, y c) perfil de textura.

Características de textura:

Tacto: consistencia semiblanda, no desuera a la presión, se deforma considerablemente recuperando la forma, no es quebradizo.

Boca: se deshace o funde en la boca, untuoso, pastoso, no debe desgranarse, textura similar a la del queso manchego botanero.

En la Figura 5.4a, se muestran los perfiles sensorial obtenidos para el queso Manchego botanero. La acidez, la sensación picante y el salado parecen ser los atributos predominantes en el primer perfil del queso Manchego botanero, puntuados con valores cercanos a 5 (Figura 5.4a).

El perfil de aroma (Figura 5.4b) es similar al del queso Manchego mexicano, predominando los aromas a mantequilla, leche ácida y leche cocida. La intensidad de olor se puntuó por encima de los valores individuales. En el olor del manchego botanero, además de los atributos estudiados sin duda hay también un componente vegetal dado por el epazote (hierba aromática) y el chile, atributo que no queda reflejado en el perfil mostrado en la Figura 5.4b.

En relación con la textura (Figura 5.4c) cabe mencionar el equilibrio que hay entre la sensación fundente y la de friabilidad. El queso a la vez de deshacerse en la boca con una facilidad media, se fragmenta al masticar también con una facilidad media, mientras que, la sensación de humedad es menos evidente. La persistencia del aroma en este queso fue de 57 ± 6 s.

5.2.2. Propiedades funcionales de fundido y viscosidad.

En la Tabla 5.7 se detallan las propiedades funcionales de fundido, tiempo de fundido y viscosidad aparente de los quesos **Manchego Botanero** procedentes de nueve industrias del valle de Tulancingo, Hgo. El porcentaje de estiramiento durante el fundido del queso Manchego Botanero fue de 16.1 ± 8.2 observándose variaciones importantes entre muestras; con respecto al tiempo de fundido éste fue de $1.7 \text{ min} \pm 0.8$. Mientras que la viscosidad aparente fue de 300200 cp, con un amplio rango de 117500 de mínima y 776550 de máxima.

En la Tabla 5.8 se describen los valores de color L*, a* y b* de las muestras de queso **Manchego Botanero** antes y después del fundido (los valores previos al fundido se obtuvieron de la tesis de García (2006)). Como se puede observar hay un descenso del parámetro de color L*, sin embargo el parámetro a* aumenta en casi todas las muestras y el parámetro b* muestra un comportamiento variable.

Tabla 5.7. Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso manchego botanero.

Muestra	Fundido (n=2)	Tiempo de fundido (n=2)	Viscosidad aparente (n=2)
1	12.66±1.05	1.75±0.35	385425±117981
2	19.77±2.31	1.13±0.04	144000±1414
3	16.03±0.08	1.05±0.07	156000±7778
4	2.75±0.51	3.13±0.04	-
5	16.82±0.40	1.28±0.04	471450±101753
6	18.89±0.32	1.13±0.04	117500±55861
7	5.33±0.16	3.08±0.04	776550±14213
8	27.69±2.23	1.30±0.07	204000±87681
9	24.65±0.81	1.28±0.04	146675±13683
Media ± DE	16.1±8.2	1.7±0.8	300200±231423
I.C. 95%	9.8-22.3	1.0-2.3	106726-493674

n: número de réplicas

I.C.: Intervalo de confianza

Tabla 5.8. Parámetros del color de los quesos Manchego botanero elaborados en el Valle de Tulancingo, Hidalgo (determinados por triplicado).

Muestra	L* pre	L* post	a* pre	a* post	b* pre	b* post
1	83.5±0.6	70.4±1.2	2.8±0.5	4.6±0.3	25.7±1.1	23.9±2.3
2	89.3±0.6	65.2±1.1	1.2±0.5	4.5±1.7	21.1±0.4	24.6±2.5
3	76.8±2.9	65.9±0.7	1.7±1.1	5.8±0.3	22.1±3.2	21.5±4.0
4	85.1±2.6	60.1±1.8	1.0±0.3	-0.1±2.5	21.7±1.1	16.5±0.8
5	84.6±0.5	63.0±0.3	2.1±0.8	1.9±0.1	23.6±2.1	20.9±1.1
6	76.2±1.2	64.4±1.4	1.7±0.9	4.1±1.2	23.6±1.9	23.4±1.8
7	81.5±0.6	65.6±2.4	2.9±0.2	-0.8±2.5	21.6±0.4	22.5±1.9
8	82.0±1.7	66.1±1.5	1.2±0.3	7.9±1.6	23.2±1.2	27.4±4.9
9	79.0±1.4	64.9±2.6	2.5±0.1	0.5±0.1	25.2±1.3	17.7±1.5
Media±DE	82.0±4.2^a	65.1±2.7^b	1.9±0.7^a	3.2±2.9^a	23.1±1.6^a	22.0±3.4^a
I.C. 95%	78.8-85.2	62.9-67.2	1.3-2.4	0.9-5.4	21.8-24.3	19.4-24.6

I.C.: Intervalo de confianza

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

^{a, b} Medias de cada parámetro sin ninguna letra en común presentaron diferencias significativas con el análisis de varianza (p<0.05)

5.2.3. Correlaciones

La Tabla 5.9 muestra los coeficientes de correlación de las variables fisicoquímicas y de fundido que fueron analizadas en el queso **Manchego Botanero**. Como podemos apreciar el porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total esta correlacionado positivamente ($p < 0.05$) con el fundido y a su vez también tiene una correlación negativa ($p < 0.05$) con la viscosidad aparente. Por otra parte también encontramos una correlación negativa ($p < 0.05$) entre el fundido y el tiempo de fundido y la viscosidad aparente. Además, el tiempo de fundido también estuvo positivamente correlacionado ($p < 0.05$) con la viscosidad aparente.

Tabla 5.9. Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Manchego Botanero.

Variables	Fundido	Tiempo de fundido	Viscosidad Aparente
Humedad	-0.12	0.38	0.54
Humedad/MSD	0.50	0.02	0.10
Proteína/ES	-0.16	-0.23	0.03
Grasa	0.52	-0.44	-0.58
Grasa/ES	0.66	-0.40	-0.50
pH	-0.65	0.64	0.67
Lactosa	-0.53	0.57	0.36
Cenizas	-0.20	0.30	0.41
Na (mg/100g)	-0.35	0.21	0.26
NaCl/Humedad	-0.34	0.14	0.17
Ca (mg/100g)	-0.58	0.32	0.55
Ca (mg/100g MSD)	-0.25	0.22	0.47
N α -am/NT (%)	0.75*	-0.68	-0.83*
Oleico (%)	-0.07	0.05	-0.05
Fundido	1.00	-0.75*	-0.78*
Tiempo de Fundido		1.00	0.90*
Viscosidad Aparente			1.00

Fundido: % de estiramiento al fundir

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

En la Tabla 5.10 se muestran los resultados de la regresión lineal múltiple de las propiedades de fundido con respecto a la composición del queso. Las correlaciones fueron significativas en el caso de la extensión del

fundido y la viscosidad aparente. En la extensión del fundido influyó significativamente ($p > 0.05$) el nitrógeno alfa amínico de forma directa; a mayor grado de proteólisis mayor extensión en el fundido. Las otras dos variables (NaCl/Humedad y Humedad/ MSD) con efecto sobre la extensión en el fundido indican, que a menor contenido en sal sobre humedad y mayor grado de hidratación de las caseínas, mayor será la extensión, sin embargo no presentaron coeficientes con significancia estadística; el coeficiente de determinación ajustado fue de 0.77. La viscosidad aparente esta relacionada con múltiples variables de forma significativa, sobre está influye la humedad del queso, la grasa sobre extracto seco, el pH, el contenido en sal sobre humedad, el grado de hidratación de los sólidos no grasos, y el nitrógeno alfa amínico. De todas ellas el único efecto inverso o negativo sobre la viscosidad es la humedad sobre sólidos no grasos. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) fue muy elevado.

Tabla 5.10 Regresión lineal múltiple ('método *forward stepwise*') de los parámetros del fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso Manchego Botadero.

A) Extensión durante el fundido				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
N α -am/NT	0.61 (0.20)	11.0	3.6	*
NaCl/Humedad	-0.27 (0.19)	-150.3	106.3	NS
Hum/MSD	0.27 (0.21)	9.4	7.5	NS
Constante		-10.4	13.6	NS
R^2 ajustado		0.775* (EE=3.88)		
B) Viscosidad aparente				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
N α -am/NT	-1.07 (0.04)	640951	21457	*
Hum/MSD	-7.06 (0.24)	-10089983	342805	*
NaCl/Humedad	0.61 (0.01)	11345513	206479	*
pH	1.67 (0.03)	1167992	22288	*
Humedad	8.43 (0.26)	785175	23877	*
Grasa/ES	6.38 (0.22)	34226336	1169453	*
Constante		-43352030	1066150	*
R^2 ajustado		0.999* (EE=3570)		

Beta, coeficiente de regresión relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

α am/NT: nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno tota

grasa/ES: grasa sobre extracto seco

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

La correlación entre los parámetros físico-químicos del queso **Manchego botanero**, el color previo y posterior al fundido se aprecian en la Tabla 5.11. Estos valores presentaron una correlación positiva ($p < 0.05$) entre la relación proteína/ES y el parámetro L* antes del fundido. También se detectó una correlación negativa entre el contenido en cenizas y el parámetro b* antes fundido. Ninguno de los coeficientes R^2 de las correlaciones múltiples entre los parámetros del color y la composición del queso fue significativo.

Tabla 5.11. Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Manchego Botanero.

Variables	L*pre	a*pre	b*pre	L*post	a*post	b*post
Humedad	0.44	0.10	-0.38	0.54	0.12	0.43
Humedad/MSD	-0.39	-0.16	-0.24	-0.13	-0.15	-0.12
Proteína/ES	0.69*	0.30	0.09	-0.01	-0.23	-0.25
Grasa	-0.50	-0.23	0.35	-0.35	0.12	-0.21
Grasa/ES	-0.38	-0.24	0.20	-0.08	0.25	0.03
pH	-0.03	-0.47	-0.12	-0.63	-0.49	-0.38
Lactosa	-0.29	-0.05	-0.01	-0.12	-0.12	0.07
Cenizas	-0.31	-0.05	-0.67*	0.19	0.11	0.07
Na (mg/100g)	-0.19	0.32	-0.27	0.25	-0.30	-0.42
NaCl/Humedad	-0.29	0.26	-0.14	0.02	-0.37	-0.55
Ca (mg/100g)	0.29	-0.48	-0.67	-0.15	0.01	0.15
Ca (mg/100g MSD)	0.35	-0.69	-0.87*	0.01	0.27	0.54
N α -am/NT(%)	-0.12	0.30	0.33	0.44	0.51	0.36
Oleico (%)	-0.19	0.31	-0.01	0.48	-0.13	-0.05
L*	1,00	-0,24	-0,31	0,09	-0,12	0,08
A*		1,00	0,53	0,39	0,25	-0,07
B*			1,00	-0,28	-0,07	-0,35

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

5.3. Queso Morral

Materia prima: Leche de vaca

Coagulación: mixta, la acidificación tiene lugar durante el desuerado en el morral

Maduración: pocos días a temperaturas próximas a 10 °C

Almacenamiento: Tras la maduración, se comercializa entero, siendo cortado en el comercio minorista en el momento de la venta al consumidor final, o bien en la planta, para su distribución. Se suele cortar en porciones, que se empacan en bolsas con o sin vacío; este queso se conserva a refrigeración pudiéndose almacenarse durante varias semanas.

Características físico-químicas básicas, basadas en los intervalos de confianza al 95% de los resultados de análisis previos (García, 2006):

- Grasa sobre extracto seco: no inferior 45% (queso graso)
- Humedad: inferior al 50%
- Humedad/Materia desengrasada: 0.58-0.67
- Humedad/Materia seca desengrasada: 1.4-1.9
- pH: 5.2-5.4
- a_w : 0.962-0.980

5.3.1. Características sensoriales

A continuación se describen las características principales que definen al queso Morral y se mostrarán los perfiles sensoriales obtenidos por el análisis sensorial.

Características de Apariencia:

Forma: el queso adapta al morral (saco o bolsa de tela de algodón), bolsa que le sirve de molde y se presenta con una forma aplanada como se muestra en la Figura 5.5. Las porciones son obtenidas mediante cortes a lo ancho del queso en forma de rebanada, que posteriormente se cortan transversalmente en dos o tres trozos, estos trozos pueden tener de una a cuatro caras planas obtenidas por sección, el resto de la superficie es curvada debido a su contacto con el saco.

Peso, altura y diámetro: el morral tiene contiene aproximadamente de 3 a 6 kg de queso. Las dimensiones de la presentación de este queso es en

promedio de 5 a 10 cm de alto, 20-30 cm de ancho y 30-40 cm de largo. Las porciones tienen un tamaño variable, que oscilan normalmente de 0.25 y 0.75 Kg y con dimensiones de 5-10 cm de altura, 6 a 12 cm de grosor y 7 a 12 cm de largo.

Corteza: no presenta una corteza definida, la superficie exterior del queso es rugosa debido al contacto y presión sobre el morral.

Pasta: pasta semi-blanda o semi-dura; lisa; ligeramente brillante, pero no por exudación de suero o percepción de humedad; con buena aptitud para el rebanado; semicerrada con pocos ojos visibles (1 a 7 por cm²) de tamaño pequeño entre punta de alfiler a sémola, tanto los ojos mecánicos, como los microbianos, con respecto al color es variable que va de crema a amarillo tenue.



Figura. 5.5. Queso Morral elaborado en el Estado de Hidalgo.

Características olfato-gustativas: aroma moderado con predominio de la familia láctea (leche fermentada, ácido láctico). No domina ni el salado ni el ácido.

Características de textura:

Tacto: Se deforma con facilidad a la presión, con presión moderada es elástico, pero si la presión es intensa es pastoso.

Boca: blando, con cierta presión con la lengua en la boca es pastoso, untuoso y cohesivo.

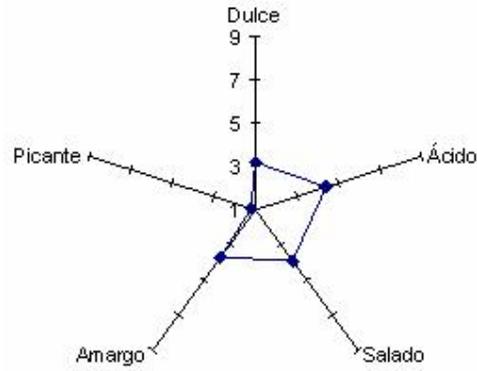
En la Figura 5.6. Se muestran los perfiles sensoriales de las muestras de queso Morral analizadas. Los valores obtenidos para los sabores ácido, amargo y salado (Figura 5.6a) fueron muy semejantes entre ellas. Respecto al olor (Figura 5.6b) como se ha observado en los otros quesos hasta el momento evaluados, los olores a mantequilla, leche cocida y leche ácida recibieron un valor similar, que en todos los casos fue superior al de la leche fresca y la intensidad del olor presento un valor mayor que cualquiera de los otros parámetros individuales.

La textura (Figura 5.6 c), tal y como se comentó para el queso morral, se obtuvo valores semejantes entre la sensación fundente y la friable, mientras que la sensación de humedad fue la presento menores valores. Finalmente, la persistencia del olor en este queso fue de $60 \text{ s} \pm 11$.

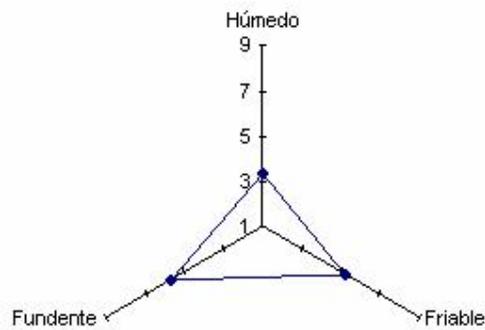
5.3.2. Propiedades funcionales de fundido y viscosidad

En el Tabla 5.12 se pueden observar las propiedades funcionales de fundido, tiempo de fundido y viscosidad aparente de los quesos **Morral**, provenientes de siete industrias del valle de Tulancingo, Hgo. El porcentaje de estiramiento durante el fundido del queso morral fue de $20.0 \pm 5.2\%$, observándose variaciones importantes entre muestras; con respecto al tiempo de fundido, éste fue de $1.6 \text{ min} \pm 0.7$. Mientras que la viscosidad aparente fue de 154432.9 cp , con un amplio rango de 45750 cp de mínima y 480300 cp de máxima.

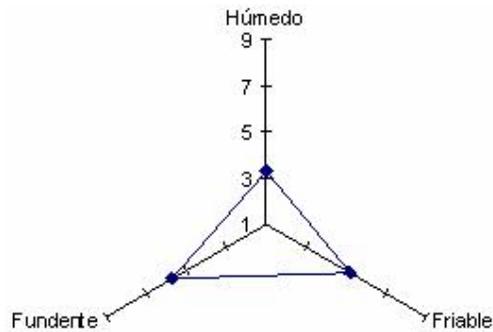
En la Tabla 5.13 se describe los valores de color L^* , a^* y b^* de las muestras de queso **Morral** antes y después del fundido. Los valores previos al fundido se obtuvieron de la tesis de García (2006). Como se puede ver, hay un descenso de los parámetros de color L^* y a^* después del fundido, sin embargo el comportamiento de b^* es variable.



a)



b)



c)

Figura. 5.6 Perfiles sensoriales del queso Morral; a) perfil de sabor, b) perfil de olor, y c) perfil de textura

Tabla 5.12. Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso Morral.

Muestra	Fundido (n=2)	Tiempo de fundido (n=2)	Viscosidad aparente (n=2)
1	16.0±0.60	1.25± 0.07	133750±4596
2	21.43±1.29	0.78±0.31	45750±1768
3	19.90±0.03	1.19±0.02	90230±1089
4	11.33±1.75	2.83±0.39	480300±284681
5	27.61±1.01	1.15±0.07	103750±8132
6	21.33±0.42	2.23±0.04	120000±6364
7	22.52±1.17	1.75±0.35	67250±6718
Media ± DE	20.0±5.2	1.6±0.7	154433±149361
I.C. 95%	15.3-24.8	0.93-2.3	16297-292568

n: número de réplicas

I.C.: Intervalo de confianza

Tabla 5.13. Parámetros del color de los quesos Morral elaborados en el Estado de Hidalgo (determinados por triplicado).

MUESTRA	L* pre	L* post	a* pre	a* post	b* pre	b* post
1	80.7±0.5	65.0±0.8	4.6±0.3	2.9±1.1	20.8±0.9	19.5±1.8
2	75.5±0.3	71.0±0.7	1.7±0.1	0.9±2.0	20.7±1.2	17.8±0.1
3	78.7±0.9	67.0±0.1	2.5±0.3	0.7±1.1	23.2±0.5	19.9±0.5
4	83.5±0.6	71.0±2.2	1.9±0.3	1.4±0.6	15.3±1.3	24.4±0.6
5	89.4±0.6	69.8±0.2	2.9±0.1	1.5±0.5	22.3±0.5	23.6±0.6
6	85.0±0.6	76.4±0.5	0.9±0.1	0.9±0.2	19.8±1.2	27.6±0.2
7	79.3±1.3	73.9±3.8	1.4±0.2	0.7±6.0	19.2±0.8	23.7±2.2
Media±DE	81.7±4.6^a	70.6±3.9^b	2.3±1.2^a	1.3±0.8^b	20.2±2.6^a	22.4±3.4^a
I.C. 95%	77.5-86.0	67.0-74.2	1.2-3.4	0.57-2.0	17.8-22.6	19.3-25.5

I.C.: Intervalo de confianza

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

^{a, b} Medias de cada parámetro sin ninguna letra en común presentaron diferencias significativas con el análisis de varianza (p<0.05)

5.3.3. Correlaciones

Los coeficientes de correlación de las variables fisicoquímicas y de fundido en el queso **Morral** se muestran en la Tabla 5.14. Como podemos observar la grasa y el porcentaje de nitrógeno α -amínico con respecto al nitrógeno total están correlacionados negativamente (p<0.05) con el tiempo de fundido.

Por otra parte las cenizas, pH, contenido de calcio y el contenido de fósforo están correlacionados negativamente (p<0.05) con el tiempo de fundido. También encontramos correlación positiva (p<0.05) entre las cenizas, pH, y el

contenido de fósforo con el fundido. Además, el fundido también estuvo negativamente correlacionado con la viscosidad aparente. Asimismo, dentro de esta tabla podemos apreciar que las cenizas, pH, contenido de calcio, contenido de fósforo y tiempo de fundido que están correlacionados positivamente ($p < 0.05$) con la viscosidad aparente. A su vez, la lactosa esta negativamente correlacionado ($p < 0.05$) con la viscosidad aparente.

Tabla 5.14. Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Morral.

Variables	Fundido	Tiempo de fundido	Viscosidad Aparente
Humedad	0.33	0.28	-0.22
Humedad/MSD	0.58	0.12	-0.35
Proteína/ES	-0.61	0.41	0.75
Grasa	0.37	-0.89*	-0.68
Grasa/ES	0.66	-0.32	-0.68
pH	-0.84*	0.85*	0.87*
Lactosa	0.51	-0.71	-0.82*
Cenizas	-0.87*	0.78	0.85*
Na (mg/100g)	-0.41	-0.17	0.14
NaCl/Humedad	-0.33	-0.23	0.05
Ca (mg/100g)	-0.72	0.87*	0.96*
Ca (mg/100g MSD)	-0.13	0.78*	0.50
N α -am/NT (%)	0.44	-0.93*	-0.57
Oleico (%)	-0.76	0.41	0.81
Fundido	1.00	-0.57	-0.80*
Tiempo de Fundido		1.00	0.77*
Viscosidad Aparente			1.00

Fundido: % de estiramiento al fundir

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Las correlaciones lineales múltiples significativas entre los parámetros del fundido y la composición del queso se muestran en la Tabla 5.15. El tiempo de fundido se correlacionó de forma inversa con el nitrógeno no proteico y de forma positiva con el pH, es correlaciones han sido observadas en los quesos anteriormente mencionados; el coeficiente R^2 ajustado fue de 0.963. La viscosidad aparente depende de la grasa sobre extracto seco, contenido en Ca sobre materia seca desengrasada, pH y humedad, aunque solo éste último mostró un nivel de probabilidad significativo en su coeficiente.

Tabla 5.15. Regresiones lineales múltiples ('método *forward stepwise*') de los parámetros del fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso Morral.

A) Tiempo de fundido				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
N α -am/NT	-0.64 (0.11)	-0.99	0.17	*
pH	0.45 (0.11)	2.92	0.73	*
Constante		-12.49	4.02	NS
R ² ajustado		0.963** (EE=0.15)		
B) Viscosidad aparente				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
pH	0.28 (0.05)	395050	63464	NS
Grasa/ES	-0.44 (0.06)	-3137415	433919	NS
Ca/MSD	0.68 (0.05)	286	20	NS
Humedad	-0.33 (0.06)	-17737	3411	*
Constante		-351548	412936	NS
R ² ajustado		0.997* (EE=8570)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, p<0.05; **, p<0.01; ***, p<0.001

α am/NT: nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno tota

grasa/ES: grasa sobre extracto seco

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

La correlación entre los parámetros físico-químicos de las muestras del queso **Morral** y el color previo y posterior al fundido se observan en la Tabla 5.16. Como podemos apreciar, la relación grasa/ES esta positivamente correlacionada con L* antes del fundido. Además, el pH, el contenido de calcio y fósforo están correlacionados negativamente (p<0.05) con b* antes del fundido. Asimismo, se encontró una correlación significativa positiva (p<0.05) entre el contenido de humedad y el parámetro L* posterior al fundido y una correlación negativa entre a* antes del fundido y L* posterior al fundido.

También se encontró que la grasa y el porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total están correlacionados negativamente (p<0.05) con el parámetro b* después del fundido. Además podemos apreciar, que la grasa y el porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total tienen una correlación negativa (p<0.05) con el parámetro incremento de b*.

Tabla 5.16. Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Morral.

Variables	L*pre	a*pre	b*pre	L*post	a*post	b*post
Humedad	0.57	-0.70	-0.24	0.94*	-0.12	0.67
Humedad/MSD	0.72	-0.73	-0.13	0.86*	-0.61	0.51
Proteína/ES	-0.74	0.53	-0.25	-0.59	0.54	0.03
Grasa	-0.03	0.27	0.74	-0.50	-0.49	-0.85*
Grasa/ES	0.84*	-0.46	0.18	0.63	-0.39	0.10
pH	-0.29	-0.43	-0.91*	0.36	0.39	0.43
Lactosa	0.41	-0.30	0.50	0.17	-0.65	-0.50
Cenizas	-0.73	-0.08	-0.58	-0.09	0.26	0.35
Na (mg/100g)	-0.80	0.36	0.26	-0.71	-0.16	-0.52
NaCl/Humedad	-0.77	0.38	0.36	-0.73	-0.23	-0.53
Ca (mg/100g)	-0.20	-0.09	-0.89*	0.18	0.67	0.51
Ca (mg/100g MSD)	0.37	-0.55	-0.81*	0.72	-0.20	0.75
N α -am/NT(%)	0.28	0.46	0.60	-0.56	-0.17	-0.91*
Oleico (%)	-0.65	0.43	-0.39	-0.59	0.48	-0.12
L*	1,00	-0,19	-0,08	0,36	-0,13	-0,03
A*		1,00	0,33	-0,90*	0,88*	-0,52
B*			1,00	-0,39	-0,05	-0,42

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

Tabla 5.17. Regresiones lineales múltiples ('método *forward stepwise*') de los parámetros del color L* y b* con respecto a parámetros clave de la composición del queso: (humedad, ph).

A) L* (luminosidad)				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
Humedad	0.97 (0.07)	1.03	0.07	*
pH	0.38 (0.03)	10.65	0.87	NS
NaCl/Humedad	0.54 (0.05)	125.51	11.99	NS
Humedad/MSD	0.42 (0.09)	5.56	1.16	NS
Constante		-44.41	4.72	NS
R ² ajustado		0.998* (EE=0.14)		
B) b* (índice de amarillos-azules)				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
N α -am/NT	-0.76 (0.18)	-5.24	1.24	*
Humedad	0.34 (0.18)	0.38	0.20	NS
Constante		13.05	10.00	NS
R ² ajustado		0.867* (EE=1.25)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

NaCl/Humedad: cloruro sódico sobre humedad

N α -am/NT: nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total

5.4. Queso Tenate

Materia prima: Leche de vaca, en la mayoría de los casos se emplea leche cruda.

Coagulación: mixta, la cuajada se acidifica principalmente durante el desuerado en saco de tela

Maduración: una semana a dos semanas a temperaturas próximas a 10 °C.

Almacenamiento: Tras la maduración el queso en el tenate y recubierto por la tela se empaca en bolsas, con o sin vacío, y puede seguir madurando en la cámara de almacenamiento o distribución a 5-10 °C durante varias semanas hasta su venta y consumo.

Características físico-químicas básicas (basadas en los intervalos de confianza al 95% de los resultados de análisis previos):

- Grasa sobre extracto seco: no inferior 50% (queso graso)
- Humedad: inferior al 43%
- Humedad/Materia desengrasada: 0.55-0.63
- Humedad/Materia seca desengrasada: 1.3-1.7
- pH: 5.2-5.5
- a_w : 0.955-0.970

5.4.1. Características sensoriales

A continuación se van a describir algunas características que definen al queso **Tenate** y se van a mostrar los perfiles obtenidos en el análisis sensorial.

Características de apariencia:

Forma: típicamente adopta la forma cilíndrica del canasto (llamado tenate, tejida de palma) que lo contiene, como se muestra en la figura 5.7. La cesta le sirve de molde, la parte superior está cubierta con una tela de algodón (alguna empresa está fabricando el queso sin cesta y con forma cilíndrica).

Peso, altura y diámetro: El peso de los quesos está en torno a los 0.8 kg. La altura varía de 6 a 7 cm y el diámetro de 12 a 13 cm; la relación altura diámetro es de 0.50-0.55; estando todas estas medidas condicionadas al tamaño del tenate

Corteza: No tiene, indiferenciada; de superficie ligeramente rugosa en la parte superior por adaptación al trapo que la cubre y marcadamente rugosa por su adaptación a los relieves del tenate en la superficie lateral e inferior.

Pasta: pasta semi-dura; lisa; con poco brillo; al ser cortada en rebanadas, éstas pueden llegar a quebrarse o desmoronarse parcialmente; semiabierta, con ojos principalmente irregulares en número de 5-15 por cm², de tamaño variable, de cabeza de alfiler hasta grano de arroz; de color crema-marfil.



Figura 5.7. Queso Tenate elaborado en el Valle de Tulancingo Hidalgo.

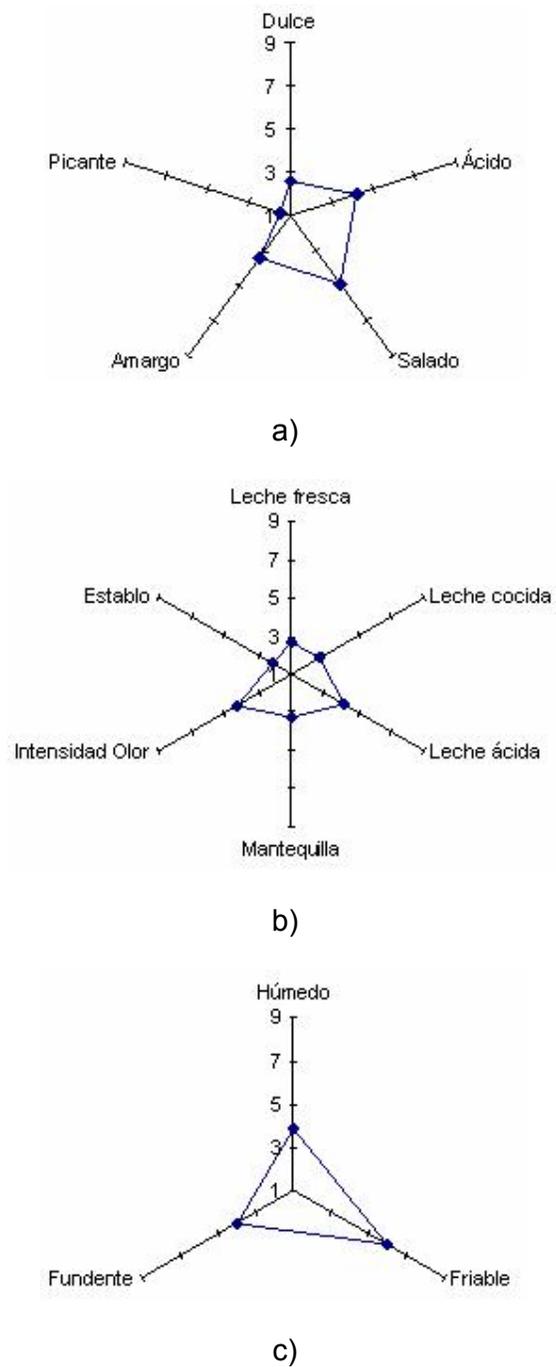


Figura 5.8. Perfiles sensoriales del queso Tenate; a) perfil de sabor, b) perfil de olor, y c) perfil de textura.

Características olfato-gustativas: aroma medio-intenso y complejo, con mezcla de notas aromáticas, principalmente de la familia láctica (leche, leche fermentada, mantequilla) y vegetal, con el olor característico del tenate. Sabor equilibrado entre salado y ácido.

Características de textura:

Tacto: poco elástico a la presión, la pasta tiende a quebrarse; consistencia semiblanda, no desuera a la presión.

Boca: es tierno y desmenuzable

En la Figura. 5.8 se muestran los perfiles obtenidos en el análisis sensorial del queso **Tenate**. En el Tenate el sabor salado fue el de mayor puntuación (con un valor de 5), seguido por los sabores ácido y amargo (Figura 5.8a) Por otra parte, dentro de los olores evaluados destaca en primer lugar el olor a leche ácida (Figura 5.8b), con un valor muy semejante a la intensidad del olor global. En el perfil de textura (Figura 5.8c) es el componente de friabilidad el que obtuvo un puntaje más elevado (>5). La persistencia del aroma en el queso Tenate fue cuantificada con 28 ± 3 s.

5.4.2. Propiedades funcionales de fundido y viscosidad

En la Tabla 5.18 se describen las propiedades funcionales de fundido, tiempo de fundido y viscosidad aparente de los quesos **Tenate** procedentes de seis industrias establecidas en el valle de Tulancingo, Hgo. El porcentaje de estiramiento durante el fundido del queso tenate fue de 12.7 ± 3.9 pudiéndose observar variaciones importantes entre muestras. Con respecto al tiempo de fundido éste fue de $1.8 \text{ min} \pm 0.7$. Mientras que la viscosidad aparente fue de 407480 cp, con un amplio rango de 163750 de mínima y 747450 de máxima.

Tabla 5.18. Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso Tenate.

Muestra	Fundido (n=2)	Tiempo de fundido (n=2)	Viscosidad aparente (n=2)
1	13.5±1.22	1.7±0.42	747450.0±113915
2	8.8±1.53	3.1±0.07	-
3	7.2±2.18	2.3±0.14	671700.0±9475
4	16.2±0.58	1.3±0.07	238250.0±153796
5	13.4±0.62	1.4±0.14	216250.0±108541
6	16.9±1.01	1.2±0.02	163750.0±7425
Media ± DE	12.7±3.9	1.8±0.7	407480±278390
I.C. 95%	8.6-16.7	1.05-2.6	61813-753147

n: número de réplicas

I.C.: Intervalo de confianza

En la Tabla 5.19 se describen los valores de color L*, a* y b* de las muestras de queso **Tenate** antes y después del fundido, los valores previos al fundido se obtuvieron de la tesis de García (2006). Se puede ver como hay un descenso de los parámetros de color L* y a* después del fundido con respecto al queso no fundido, sin embargo el comportamiento de b* es variable.

Tabla 5.19. Parámetros del color de los quesos Tenate elaborados en el Estado de Hidalgo (determinados por triplicado).

Muestra	L* pre	L* post	a* pre	a* post	b* pre	b* post
1	78.7±0.9	71.5±3.9	1.9±0.3	0.6±2.4	15.3±1.3	19.9±2.1
2	83.5±0.6	71.1±2.8	2.9±0.1	0.4±1.2	22.3±0.5	22.4±1.8
3	76.4±0.9	79.2±2.1	1.4±0.3	0.7±3.5	18.7±0.6	25.5±1.1
4	79.5±0.8	67.6±4.1	2.9±0.3	-0.3±5.9	24.0±0.3	20.3±3.2
5	80.4±2.3	76.2±1.7	2.5±0.3	-0.1±0.6	23.2±0.5	23.9±1.1
6	79.3±1.3	66.9±8.0	0.9±0.1	0.1±6.3	19.8±1.2	15.6±5.0
Media±DE	79.6±2.3^a	72.1±4.8^b	2.0±0.8^a	0.2±0.4^b	20.5±3.2^a	21.3±3.5^a
I.C. 95%	77.2-82.1	67.05-77.1	1.2-2.9	-0.21-0.6	17.1-24.0	17.6-25.0

I.C.: Intervalo de confianza

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

^{a, b} Medias de cada parámetro sin ninguna letra en común presentaron diferencias significativas con el análisis de varianza (p<0.05)

5.4.3. Correlaciones

Los coeficientes de correlación de las variables fisicoquímicas y de fundido analizados en el queso **Tenate** se muestran en la Tabla 5.20. Como podemos apreciar la relación proteína/ES y el fundido están correlacionados negativamente ($p < 0.05$) con el tiempo de fundido. Además, el pH también estuvo negativamente correlacionado con el fundido. También encontramos a la relación sal/humedad y el contenido de sodio relacionado con la viscosidad aparente.

En la Tabla 5.21 se muestra la regresión lineal múltiple significativa entre las propiedades funcionales de fundido, en este caso la viscosidad aparente, y la composición del queso. A mayor contenido en sal sobre humedad en el queso mayor viscosidad, sin embargo el nitrógeno alfa amínico tuvo una influencia negativa sobre la misma, así como el contenido en humedad sobre materia seca desengrasada, pero en este último caso el coeficiente no fue significativo.

Tabla 5.20. Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Tenate.

Variables	Fundido	Tiempo de fundido	Viscosidad Aparente
Humedad	0.18	-0.41	-0.78
Humedad/MSD	-0.27	0.08	-0.36
Proteína/ES	0.87	-0.89*	-0.60
Grasa	-0.47	0.39	0.07
Grasa/ES	-0.41	0.29	-0.08
pH	-0.88*	0.78	0.47
Lactosa	0.23	-0.09	0.22
Cenizas	-0.70	0.74	0.80
Na (mg/100g)	-0.68	0.76	0.95*
NaCl/Humedad	-0.65	0.76	0.97*
Ca (mg/100g)	0.05	0.15	0.31
Ca (mg/100g MSD)	-0.35	0.26	-0.13
N α -am/NT (%)	0.21	-0.22	0.13
Oleico (%)	0.70	-0.58	-0.35
Fundido	1.00	-0.97*	-0.69
Tiempo de Fundido		1.00	0.82
Viscosidad Aparente			1.00

Fundido: % de estiramiento al fundir

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Tabla 5.21. Regresión lineal múltiple ('método *forward stepwise*') de la viscosidad aparente con respecto a parámetros clave de la composición del queso Tenate.

Viscosidad aparente				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
NaCl/Humedad	1.03 (0.01)	13786191	155319.5	**
N α -am/NT	-0.22 (0.01)	-273392	14059.2	*
Humedad/MSD	-0.07 (0.01)	-92925	13617.6	NS
Constante		164697	28262.2	NS
R ² ajustado		0.999* (EE=5786)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, p<0.05; **, p<0.01; ***, p<0.001

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

NaCl/Humedad: cloruro sódico sobre humedad

N α -am/NT: nitrógeno α -amínico sobre nitrógeno total

La correlación entre los parámetros físico-químicos de los quesos **Tenate** y el color previo y posterior al fundido se recoge en la Tabla 5.22. Como se puede ver encontramos a la grasa, a la relación grasa/ES y el pH correlacionados positivamente (p<0.05) con el parámetro b* antes del fundido. Además se encontró que las cenizas, el contenido de sodio están correlacionados positivamente (p<0.05) con el parámetro a* después del fundido. También podemos observar que el porcentaje de ácido oleico y el contenido de calcio tienen una correlación negativa (p<0.05) con el parámetro a* antes del fundido. Al mismo tiempo encontramos que el porcentaje de ácido oleico presenta una correlación negativa con el parámetro b* después del fundido. Además el contenido de fósforo está correlacionado negativamente con L* antes del fundido. Y por último encontramos dos correlaciones una positiva entre los parámetros a* antes del fundido y b* después del fundido y otra negativa entre el contenido de sodio y el incremento del parámetro b*.

En la Tabla 5.23 aparecen los resultados de la única regresión lineal múltiple significativa de los parámetros del color con la composición del queso. En este caso el parámetro a* se vio influenciado positivamente por el contenido en sal sobre humedad, la cantidad de calcio sobre materia seca desengrasada y negativamente con la cantidad de grasa sobre extracto seco y el grado de hidratación de la materia seca no grasa. Estos resultados parecen indicar que

el contenido en rojos-verdes más elevado se corresponde con los quesos más secos y con menos grasa (más proteína).

Tabla 5.22. Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Tenate.

Variables	L*pre	a*pre	b*pre	L*post	a*post	b*post
Humedad	0.38	-0.25	-0.40	0.15	-0.47	-0.05
Humedad/MSD	0.87	0.44	0.82	0.50	-0.01	0.29
Proteína/ES	-0.03	-0.46	-0.80	-0.42	-0.72	-0.44
Grasa	0.39	0.37	0.94*	0.39	0.52	0.24
Grasa/ES	0.63	0.29	0.86*	0.52	0.36	0.25
pH	0.42	0.77	0.94*	0.76	0.60	0.76
Lactosa	-0.69	-0.12	-0.62	-0.46	-0.12	-0.11
Cenizas	-0.05	0.40	0.76	0.55	0.85*	0.46
Na (mg/100g)	-0.29	0.33	0.49	0.51	0.84*	0.50
NaCl/Humedad	-0.34	0.35	0.52	0.35	0.80	0.41
Ca (mg/100g)	-0.65	-0.84*	-0.48	-0.32	0.23	-0.54
Ca (mg/100g MSD)	0.52	0.08	0.82	0.39	0.33	0.07
N α -am/NT(%)	-0.00	-0.01	0.06	0.05	0.07	-0.07
Oleico (%)	-0.43	-0.94*	-0.54	-0.73	-0.22	-0.95*
L*	1,00	0,64	0,51	0,51	-0,33	0,50
a*		1,00	0,62	0,63	0,03	0,87*
b*			1,00	0,65	0,55	0,55

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

Tabla 5.23. Regresión lineal múltiple ('método *forward stepwise*') del parámetro del color a* con respecto a parámetros clave de la composición del queso Tenate.

a* (índice de rojos-verdes)				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
NaCl/Humedad	1.17 (0.01)	20.33	0.16	**
Ca/MSD	1.28 (0.01)	0.00150	0.00002	**
Grasa/ES	-0.64 (0.01)	-4.79	0.09	*
Humedad/MSD	-0.21 (0.01)	-0.35	0.02	*
Constante		-2.26	0.02	**
R ² ajustado		0.999** (EE=0.00508)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión.

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$

grasa/ES: grasa sobre extracto seco

Hum/MSD: humedad sobre materia seca desengrasada

NaCl/Humedad: cloruro sódico sobre humedad

Ca/MSD: Ca sobre materia seca desengrasada

5.5. Queso Oaxaca

Materia prima: Leche de vaca, muchas veces se emplea leche cruda.

Coagulación: mixta, la acidificación tiene lugar principalmente en la tina

Maduración: queso fresco, con el tiempo de almacenamiento la textura varía significativamente

Almacenamiento: Una vez formadas las correas y el queso, tras un día de oreo o desuerado en cámara los quesos se empacan en bolsas con o sin vacío; este queso se conserva a refrigeración pudiéndose almacenarse durante varios días ablandándose, perdiendo la definición del ahilado y fusionándose las correas con el tiempo, pasando de una textura gomosa a pastosa.

Características físico-químicas básicas (basadas en los intervalos de confianza al 95% de los resultados de análisis previos):

- Grasa sobre extracto seco: no inferior 40% (queso graso/semigraso)
- Humedad: inferior al 53%
- Humedad/Materia desengrasada: 0.63-0.68
- Humedad/Materia seca desengrasada: 1.7-2.1
- pH: 4.9-5.2
- a_w : 0.969-0.978

5.5.1. Características sensoriales

A continuación se describen algunas características definitorias del queso **Oaxaca** y se muestran los perfiles sensoriales obtenidos en el análisis sensorial.

Características de apariencia:

Forma: forma de madeja u ovillo de lana formado mediante trenzado de correas de queso de 3-6 cm de ancho y aproximadamente 0.5 cm de grosor; el queso normalmente es ligeramente más ancho que alto. La correa se desenreda fácilmente; en algunos quesos la correa está totalmente suelta, no presenta adhesividad; sin embargo en otros quesos, principalmente en los envasados a vacío, está ligeramente pegada y hace falta separarla, pero son fácilmente separables, como se muestra en la Figura 5.9.

Peso, altura y diámetro: tamaño variable entre 0.25 a 3 kg, por lo tanto sus dimensiones son variables también. Para la presentación de medio kg el diámetro es de 8-11 cm y la altura de 5 a 7 cm.

Corteza: no presenta una corteza, la superficie es brillante pero no desprende suero.

Pasta: pasta ahilada, semi-blanda; a la presión las correas se abren en sentido longitudinal y la superficie expuesta tiene aspecto fibroso, de pechuga de pollo; aprovechando esta propiedad, con los dedos las correas pueden deshebrarse y fragmentarse en pequeños trozos de apariencia fibrosa o filamentosa; mediante corte transversal las correas son rebanables; la pasta no presenta ojos, es pasta cerrada; pasta de color blanco nacarado, blanco marfil o blanco hueso.



Figura 5.9. Queso tipo Oaxaca elaborado en el Estado de Hidalgo.

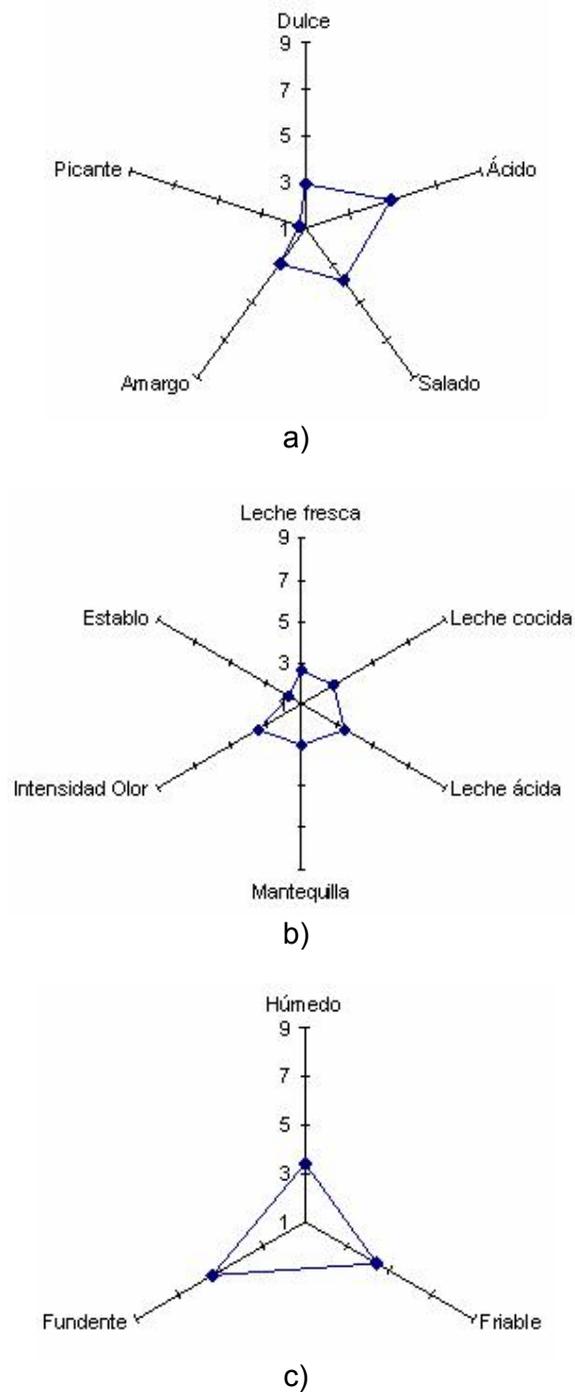


Figura 5.10. Perfiles sensoriales del queso Oaxaca; a) perfil de sabor, b) perfil de olor, y c) perfil de textura.

Características olfato-gustativas: aroma moderado con notas de leche fermentada. Sabor ácido, poco salado.

Características de textura:

Tacto: Correas flexibles; semiblandas; con una elasticidad moderada, con presión suficiente las fibras de las correas se desplazan y no vuelven a su posición original.

Boca: sensación fibrosa, poco jugosa, entre pastosa y gomosa.

En la Figura 5.10 se recogen los perfiles sensoriales de los quesos **Oaxaca**. Dentro de los sabores fue el ácido el predominante seguido del salado y luego el amargo (Figura 5.10a). Los olores con puntuación más elevada fueron leche cocida, leche ácida y mantequilla, que obtuvieron un valor muy cercano a 3 (Figura 5.10b), al igual que la intensidad de olor. Respecto a la textura, la característica fundente obtuvo un puntaje ligeramente mayor que la friable (Figura 5.10c). La persistencia del aroma del queso Oaxaca fue de 40 ± 4 s.

5.5.2. Propiedades funcionales de fundido y viscosidad

En la Tabla 5.24 se muestran las propiedades funcionales de fundido, tiempo de fundido y viscosidad aparente de los quesos **Oaxaca** procedente de diez industrias establecidas en el valle de Tulancingo, Hgo. El porcentaje de estiramiento durante el fundido del queso Oaxaca fue de 22.8 ± 4.0 observándose variaciones importantes entre muestras; con respecto al tiempo de fundido éste fue de $1.5 \text{ min} \pm 0.4$. Mientras que la viscosidad aparente fue de 156658.0 cp, con un amplio rango de 18500 de mínima y 450000 de máxima.

En la Tabla 5.25 se describe los valores de color L^* , a^* y b^* de las muestras de queso **Oaxaca** antes y después del fundido (los valores previos al fundido se obtuvieron de la tesis de García (2006)). En el cuadro se puede notar como hay un declive en los parámetros de color después del fundido con respecto al queso no fundido.

Tabla 5.24 Fundido (%), tiempo de fundido (min) y viscosidad aparente (cp) del queso Oaxaca.

Muestra	Fundido (n=2)	Tiempo de fundido (n=2)	Viscosidad aparente (n=2)
1	18.04±0.69	2.19±0.01	107500±707
2	22.73±1.23	1.43±0.04	333500±122329
3	26.54±2.17	1.37±0.03	450000±42426
4	21.77±5.95	1.31±0.01	181250±20860
5	26.67±0.45	1.25±0.01	100250±3889
6	19.99±0.03	1.23±0.04	74700±14566
7	24.19±4.74	1.37±0.02	94250±2475
8	29.71±0.52	1.18±0.04	59880±9645
9	16.75±1.84	2.20±0.14	18500±3536
10	21.92±0.74	1.41±0.06	146750±43487
Media ± DE	22.8±4.0	1.5±0.4	156658±13449
I.C. 95%	19.9-25.7	1.2-1.8	60479-252837

n: número de réplicas

I.C.: Intervalo de confianza

Tabla 5.25 Parámetros del color de los quesos Oaxaca elaborados en el Valle de Tulancingo, Hidalgo (determinados por triplicado).

Muestra	L* pre	L* post	a* pre	a* post	b* pre	b* post
1	79.8±3.1	68.5±5.9	0.4±0.3	1.1±3.7	15.4±1.0	21.1±3.8
2	82.7±3.8	67.4±1.7	1.5±0.3	0.5±1.2	21.2±0.8	13.5±0.4
3	85.2±0.1	64.1±0.7	2.0±0.1	0.6±0.03	23.6±0.7	11.9±0.1
4	87.8±3.7	62.3±0.4	1.5±0.2	-0.0±0.4	19.6±1.5	11.0±0.01
5	88.6±1.1	64.2±1.4	1.6±0.2	0.6±2.0	20.6±1.0	14.9±0.6
6	85.5±2.8	71.5±1.3	1.9±0.4	-0.1±1.1	20.6±2.2	20.0±0.8
7	87.5±0.8	78.3±1.3	1.2±0.2	-0.8±0.7	22.0±0.5	14.8±1.3
8	88.8±1.0	66.9±0.6	-1.2±0.2	1.5±0.9	15.4±0.3	16.5±1.0
9	88.5±1.0	73.2±1.5	0.3±0.3	0.2±2.5	20.8±0.3	19.0±0.7
10	85.7±0.6	76.4±0.3	0.6±0.2	0.5±0.3	17.8±0.7	21.7±0.1
Media±DE	86.0±2.9^a	69.3±5.4^b	0.1±0.1^a	0.4±0.6^a	19.7±2.7^a	16.4±3.8^b
I.C. 95%	83.9-88.1	65.4-73.2	0.3-1.7	-0.0-0.9	17.8-21.6	13.7-19.2

I.C.: Intervalo de confianza

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

^{a, b} Medias de cada parámetro sin ninguna letra en común presentaron diferencias significativas con el análisis de varianza ($p < 0.05$)

5.5.3. Correlaciones

Los coeficientes de correlación de las variables fisicoquímicas y de fundido analizados en el queso **Oaxaca** se muestran en la Tabla 5.26 Como podemos apreciar existe una correlación negativa ($p < 0.05$) entre la grasa y la viscosidad aparente. Asimismo encontramos correlacionados positivamente ($p < 0.05$) el contenido de calcio y el contenido de fósforo con la viscosidad aparente. Además, el pH estuvo positivamente correlacionado ($p < 0.05$) con el fundido. Y por último podemos apreciar que el fundido presenta una correlación negativa ($p < 0.05$) con el tiempo de fundido.

La única variable del fundido para la que se observó regresión lineal múltiple significativa fue la viscosidad aparente (Tabla 5.27). Este parámetro está ligado inversamente al contenido en grasa sobre materia seca y directamente con la cantidad de Ca sobre materia seca desengrasada. El valor de R^2 de la regresión fue de 0.767.

Tabla 5.26. Correlación de parámetros fisicoquímicos con propiedades funcionales de fundido del queso Oaxaca.

Variables	Fundido	Tiempo de fundido	Viscosidad Aparente
Humedad	0.54	-0.19	0.44
Humedad/MSD	0.40	-0.17	-0.25
Proteína/ES	0.16	-0.11	0.35
Grasa	-0.25	0.08	-0.89*
Grasa/ES	-0.03	0.00	-0.79
pH	0.75*	-0.52	0.58
Lactosa	-0.13	0.09	0.61
Cenizas	-	-	-
Na (mg/100g)	-0.30	0.28	-0.13
NaCl/Humedad	-0.51	0.40	-0.23
Ca (mg/100g)	0.34	-0.23	0.79*
Ca (mg/100g MSD)	0.53	-0.31	0.30
N α -am/NT (%)	-0.60	0.55	-0.52
Oleico (%)	-0.25	-0.08	0.40
Fundido	1.00	-0.75*	0.28
Tiempo de Fundido		1.00	-0.24
Viscosidad Aparente			1.00

Fundido: % de estiramiento al fundir

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Tabla 5.27. Regresión lineal múltiple ('método *forward stepwise*') de los parámetros del fundido con respecto a parámetros clave de la composición del queso Oaxaca.

Viscosidad aparente				
	Beta (EE)	Coefficiente	EE	P
Grasa/ES	-0.87 (0.16)	-2402255	452882	**
Ca/MSD	0.46 (0.16)	234	84	*
Constante		742117	251119	*
R ² ajustado		0.767** (EE=64868)		

Beta, coeficiente de correlación relativo individual de cada variable

Coefficiente: Coeficientes de la ecuación de regresión

EE: Error estándar

p: nivel de probabilidad, *, p<0.05; **, p<0.01; ***, p<0.001

grasa/ES: grasa sobre extracto seco

Ca/MSD: Ca sobre materia seca desengrasada

La correlación entre los parámetros físico-químicos de los quesos **Oaxaca** y el color previo y posterior al fundido se recoge en la Tabla 5.28. Como se puede observar encontramos que la humedad, la relación proteína/ES y el pH están correlacionados negativamente (p<0.05) con el parámetro a* antes del fundido. Asimismo encontramos que la grasa y el porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total están positivamente correlacionados (p<0.05) con el parámetro a* antes del fundido. Además se detecta una correlación positiva (p<0.05) entre la grasa, la relación grasa/ES, el porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total, y el parámetro a* antes del fundido con respecto a el parámetro b* antes del fundido.

También podemos observar que la relación proteína/ES tiene una correlación negativa (p<0.05) con el parámetro b* antes del fundido. Por otra parte encontramos que la grasa, el parámetro a* antes del fundido y el parámetro b* antes del fundido presentan una correlación positiva (p<0.05) con el parámetro b* después del fundido. También se puede ver como la relación proteína/ES y el contenido de fósforo presentan una correlación negativa (p<0.05) con el parámetro b* después del fundido. Además, la grasa, el porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total, y los parámetros a* y b* antes del fundido están positivamente correlacionados (p<0.05) con el

incremento de b^* antes y después del fundido. Y por último encontramos correlacionados negativamente ($p < 0.05$) a la relación proteína/ES, el pH y el fósforo con respecto al incremento del parámetro b^* .

No se observaron correlaciones múltiples significativas entre los parámetros del color del queso tras el fundido y los de la composición del queso.

Tabla 5.28. Correlación de parámetros fisicoquímicos con parámetros del color del queso Oaxaca.

Variables	L*pre	a*pre	b*pre	L*post	a*post	b*post
Humedad	0.33	-0.67*	-0.37	-0.10	0.13	-0.58
Humedad/MSD	0.42	-0.10	0.24	-0.40	-0.02	-0.07
Proteína/ES	-0.26	-0.66*	-0.72*	-0.35	-0.40	-0.74*
Grasa	0.11	0.76*	0.78*	0.67*	-0.18	0.69*
Grasa/ES	0.25	0.54	0.69*	0.68*	-0.14	0.49
pH	0.44	-0.81*	-0.41	-0.08	-0.11	-0.60
Lactosa	-0.15	-0.10	-0.26	-0.53	0.41	-0.00
Cenizas	-	-	-	-	-	-
Na (mg/100g)	-0.13	0.17	0.29	0.34	-0.37	0.02
NaCl/Humedad	-0.12	0.30	0.34	0.44	-0.44	0.19
Ca (mg/100g)	0.09	-0.56	-0.46	-0.46	0.18	-0.53
Ca (mg/100g MSD)	0.39	-0.37	-0.03	0.03	0.11	-0.36
N α -am/NT(%)	-0.05	0.65*	0.63*	0.34	0.08	0.62
Oleico (%)	-0.05	0.14	-0.07	-0.11	0.12	0.27
L*	1,00	-0,18	0,21	0,63	0,06	0,35
A*		1,00	0,79*	0,29	0,21	0,79*
B*			1,00	0,44	0,28	0,75*

N α -am/NT (%): porcentaje de nitrógeno α -amínico respecto al nitrógeno total.

Oleico (%): Índice de acidez de la grasa

* : el coeficiente de correlación fue significativo ($p < 0.05$)

Pre: antes del fundido; post, después del fundido

5.6. Queso Panela

Materia prima: Leche de vaca.

Coagulación: enzimática

Maduración: queso fresco de corta vida útil

Almacenamiento: En frío, protegido de la desecación con envase plástico. Si se aplica vacío el queso puede sufrir deformaciones.

Características físico-químicas básicas (basadas en los intervalos de confianza al 95% de los resultados de análisis previos):

- Grasa sobre extracto seco: no inferior 35% (queso graso/semigraso)
- Humedad: inferior al 60%
- Humedad/Materia desengrasada: 0.64-0.70
- Humedad/Materia seca desengrasada: 1.8-2.3
- pH: < 6.5 en planta
- a_w : 0.982-0.990

5.6.1. Características sensoriales

A continuación se describen algunas características definitorias del queso **Panela** y se muestran los perfiles sensoriales obtenidos en el análisis sensorial.

Características de apariencia:

Forma: Forma cilíndrica; el queso normalmente es ligeramente más ancho que alto, como se muestra en la figura 5.11.

Peso, altura y diámetro: Tamaño variable entre 0.4 a 1.5 kg, por lo tanto sus dimensiones son variables también. El diámetro suele variar entre 10 y 13 cm. y la altura entre 3.5 y 7 cm., la relación media altura diámetro es de 0.4.

Corteza: No presenta corteza, la superficie es brillante y rugosa debido a la forma del molde.

Pasta: pasta blanda; semicerrada con pocos ojos mecánicos; húmeda, pero se aprecia el que suelte poco suero a la presión; de color blanco brillante, color de la leche.



Figura 5.11. Queso tipo Panela elaborado en el Estado de Hidalgo.

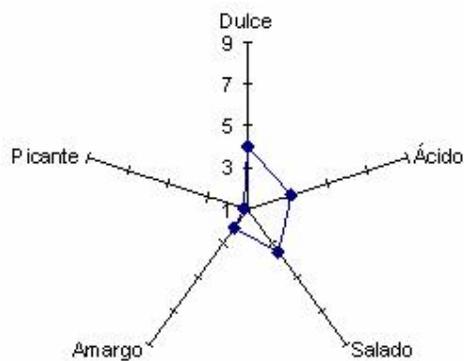
Características olfato-gustativas: aroma bajo con notas de leche o cuajada fresca. Sabor ligeramente salado

Características de textura:

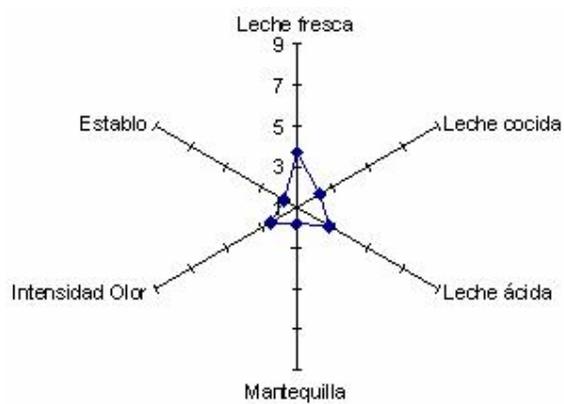
Tacto: Consistencia entre elástica, gomosa y gelatinoso.

Boca: tierno, granuloso y húmedo.

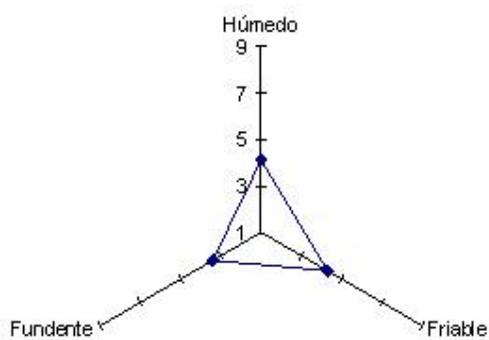
El perfil sensorial de los quesos Panela se muestra en la Figura 5.12. El queso **Panela** presentó una puntuación similar para los sabores dulce y salado, que superaron al sabor ácido (Figura 5.12a). El olor principal fue el de leche fresca, seguido de leche cocida y leche ácida (Figura 5.12b). Las puntuaciones para las sensaciones de humedad y friabilidad fueron superiores a las de sensación fundente (Figura 5.12c). Finalmente, el tiempo de persistencia que los jueces determinaron para el queso Panela fue de 39 ± 4 s.



a)



b)



c)

Figura 5.12. Perfiles sensoriales del queso Panela; a) perfil de sabor, b) perfil de olor, y c) perfil de textura.

5.6.2. Propiedades funcionales

No se determinaron las propiedades funcionales de fundido del queso Panela por considerarse que este queso no funde. Los parámetros de color de este queso se encuentran en la tesis de García (2006).

6. *DISCUSIÓN*

6. DISCUSIÓN

6.1. Propiedades funcionales de fundido y color tras el fundido

En la Tabla 6.1 se muestra el resumen de las propiedades funcionales de los quesos **Panela**, **Manchego**, **Manchego Botanero**, **Morral**, **Tenate** y **Oaxaca** procedentes de diversas industrias establecidas en el valle de Tulancingo. Como podemos observar el queso Oaxaca fue el queso con un mayor porcentaje de extensión durante el fundido mientras que el manchego el valor más bajo. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre la mayoría de los quesos, aunque sí se detectaron ($p<0.05$) al comparar el queso Oaxaca con el Manchego y Tenate, observándose que el primero se extiende más durante el fundido que los otros menos. Uno de los factores al que se atribuye el mayor porcentaje de extensión durante el fundido es el pH del queso Oaxaca (5.02) que explica los cambios en la estructura del queso, debido a la disolución de fosfato de calcio coloidal de las micelas de caseína (Dalglish *et al.*, 2004)

Con respecto al tiempo de fundido no se observó ninguna diferencia significativa, aunque de forma paralela al fundido, también fue el queso Oaxaca el que antes fundió y el Manchego junto con el Tenate los que tardaron más. En relación a la viscosidad aparente, los valores más elevados se observaron en el queso Tenate y las más bajas en el Morral y Oaxaca. Solo se presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) al comparar el queso Oaxaca con el Tenate y Manchego. La desviación estadística fue muy elevada para todos los quesos a excepción del Oaxaca.

En cuanto a el parámetro L^* antes del fundido podemos observar que el mayor valor se presentó en el queso Panela y el menor en el Tenate. En este caso el queso Panela presenta diferencias significativas ($p<0.05$) con todos los quesos, excepto con el Oaxaca. Mientras tanto, el queso Oaxaca presenta diferencias significativas con el Manchego y el Tenate. No se presentaron más diferencias significativas. En relación a el parámetro L^* después del fundido se

puede apreciar como con excepción de la que se presentó entre el queso Botanero, con menor L^* , y el Tenate, con mayor L^* , no se observaron más diferencias significativas entre los quesos. Considerando los valores de L^* antes y después del fundido, se puede observar que para todos los quesos hay un decremento de los valores de L^* obtenidos, ocasionado por el fundido.

El parámetro a^* antes del fundido fue mayor para el queso Manchego que para el resto de los quesos; no obstante solo se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el Manchego y los quesos Panela y Oaxaca. En cuanto al parámetro a^* después del fundido podemos observar que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el queso Botanero y los quesos Oaxaca y Tenate. Además observamos que en la mayoría de los quesos con excepción del queso Botanero el fundido ocasionó una disminución en el valor de este parámetro.

Como se puede apreciar en el parámetro b^* antes del fundido los mayores valores fueron los de los quesos Manchego y Botanero y los menores los de los quesos Panela y Oaxaca. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el queso Panela con respecto a todos los demás quesos y en el queso Oaxaca con respecto a los quesos Manchego y Botanero. En relación a el parámetro b^* después del fundido podemos observar que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el queso Oaxaca, con el menor valor, y los quesos Botanero, Tenate y Morral, con valores superiores. El fundido apenas afectó a los valores de b^* , observándose en algunos quesos un ligero aumento y en otro un decremento.

6.2. Correlación de las propiedades funcionales con la composición de los quesos.

Propiedades del fundido

Se analizaron las relaciones entre los parámetros de fundido con los de composición del queso, tomando en cuenta de forma conjunta los resultados obtenidos en los distintos quesos. En primer lugar se hace notar que la extensión durante el fundido, el tiempo de fundido y la viscosidad aparente presentaron en diversas ocasiones una correlación entre sí. En general, se observaron correlaciones negativas entre la extensión de fundido y tanto el tiempo de fundido como la viscosidad. Por otra parte hubo correlaciones

positivas entre el tiempo de fundido y la viscosidad. Es decir, como norma general un queso que se estira más durante el fundido se funde en menos tiempo y es menos viscoso.

Este hecho nos permitió a la hora de analizar el efecto de la composición del queso sobre las propiedades de fundido considerar estas propiedades como una sola cosa en lugar de considerarlas de forma separada. Se recuerda que los resultados de la regresión múltiple entre el fundido y la composición del queso están en las tablas (Tablas 5.4., 5.10, 5.15., 5.21., y 5.27.)

Estos resultados reflejan que el parámetro de composición del queso que estuvo más constante e intensamente correlacionado con las propiedades del fundido fue el indicador de la proteólisis (es decir el nitrógeno α -aminoacídico) Como era de esperar, se observó que a mayor proteólisis mejores aptitudes para fundir (rápido fundido y gran extensión).

Además del nitrógeno α -aminoacídico, el contenido en sal en la fase acuosa estuvo frecuentemente relacionado con las propiedades funcionales del fundido. En general los quesos con mayor contenido en sal en fase acuosa fueron más viscosos y fundieron peor. En este sentido, Rowney *et al.* (2004) encontraron en un experimento con queso Mozzarella al día siguiente de elaboración, que a mayor contenido en sal mayor fue la viscosidad.

Finalmente el pH del queso también presentó frecuentemente correlación con algún parámetro del fundido, de forma que a mayor pH peor aptitud para el fundido. En este caso la explicación podría ser fundamentada en dos hechos sucesivos.

- En una primera fase, el pH influyó sobre la proteólisis de forma que a mayor pH la extensión de la proteólisis fue menor (menor actividad enzimática). De hecho, la correlación entre pH y proteólisis considerando la totalidad de los quesos analizados es alta, negativa y significativa ($R = -0.68$). Esta correlación es especialmente acusada en el caso del queso Manchego Botanero. Además, el trabajo de Pastorino *et al.* (2003) refuerza esta afirmación, encontrando que en quesos Cheddar con un rango pH similar al de la mayoría de los quesos mexicanos analizados (de 5.0 a 5.5), el pH estuvo inversamente correlacionado con la proteólisis.
- Posteriormente, en una segunda fase se aplicaría el efecto de la proteólisis sobre el fundido, explicado anteriormente.

El queso Oaxaca supone una excepción a lo comentado en el párrafo anterior. Para este queso las propiedades del fundido estuvieron correlacionadas con la grasa sobre extracto seco y el Ca sobre materia seca desengrasada, no observándose correlación ni con el nitrógeno α -aminoacídico, ni con la sal sobre humedad, ni con el pH (Tabla 5.27).

Finalmente, el contenido en grasa sobre extracto seco mostró en algunos casos una correlación con la viscosidad pero con un comportamiento variable. Mientras que la correlación fue negativa en los quesos Oaxaca y Morral, fue positiva en el queso Manchego Botanero y no se observó correlación entre grasa sobre extracto seco y viscosidad en Manchego y Tenate.

De acuerdo con Yun *et al.* (1993), y en concordancia a lo encontrado en el presente trabajo, las propiedades funcionales de fundido de diversos quesos como el Mozzarella depende de la intensidad de la proteólisis. Adicionalmente, hay otros muchos factores que influyen sobre dichas propiedades como el contenido en grasa, el contenido en minerales, como el calcio¹ o como el cloruro sódico, las interacciones proteína-proteína y proteína-agua, el tiempo de maduración (Rudan *et al.*, 1999; Sheehan y Guinee, 2004; Rowney *et al.*, 2004), lo que hace difícil establecer relaciones sencillas fundido-composición. Una discrepancia parcial entre los resultados encontrados en algunos de los quesos de Tulancingo con los resultados de otros trabajos de la bibliografía, principalmente orientados al queso Mozzarella, se observó en la falta de correlación negativa entre el contenido en grasa y la viscosidad, ya que en general es de esperar en los quesos menor viscosidad a mayor cantidad de grasa, y esta relación, como se dijo antes, se observó solamente en los quesos Oaxaca y Morral, pero no en los quesos Tenate, Manchego o Manchego Botanero. Probablemente, en estos últimos quesos influirán otros factores sobre las propiedades funcionales que enmascararían el efecto del contenido en grasa sobre la viscosidad, como por ejemplo el tiempo de maduración.

Propiedades del color tras el fundido

¹ La mineralización del queso influye en su fundido de la siguiente manera: un queso más desmineralizado tiene las proteínas más hidratadas y por lo tanto es menos duro y fluye mejor cuando se funde (Metzger *et al.*, 2001).

Las regresiones lineales múltiples de los parámetros del color de los quesos tras el fundido con su composición química no han sido significativas ($p > 0.05$) en la mayoría de los casos. Solamente se encontraron regresiones con coeficientes de correlación significativos en los siguientes casos: el parámetro L^* en los quesos Manchego y Morral, el parámetro b^* en el queso Morral y el parámetro a^* en el queso Tenate. No obstante a estas correlaciones, no se ha observado una tendencia definida y concreta en las correlaciones de los parámetros del color tras el fundido con la composición química de los quesos. La explicación a este hecho podría deberse a que otros factores no estudiados como la adición de colorante, el color de la grasa de la leche, etc. podrían ser fuente de variabilidad en los resultados no contemplada en las regresiones realizadas.

Sin embargo, en el estudio de Ramírez (2006) sí se observó una correlación positiva de la grasa sobre extracto seco con los valores L^* y b^* en queso Oaxaca. Pero en este caso la elaboración de los quesos estuvo estandarizada variándose únicamente la cantidad de grasa, manteniendo constante los demás parámetros.

6.3. Propiedades sensoriales

En la Tabla 6.2 se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis sensorial en los distintos quesos estudiados. Como se puede observar, se ha realizado un análisis de varianza y la prueba *post-hoc* Tuckey para detectar diferencias significativas entre las medias para cada atributo estudiado. Los sabores y olores escogidos son olores típicos en quesos usados también por otros autores (Drake *et al.*, 2005).

En relación al sabor, se puede decir que las puntuaciones para las sensaciones sápidas fueron de una intensidad baja-media, si consideramos que la escala de puntuación era de 1 a 9. La mayor sensación de dulzor la mostró el queso Panela, lo que era de esperar debido al mayor contenido en azúcares del mismo (datos no publicados) respecto a los otros quesos. Así mismo fue el queso menos ácido, aunque en el caso de la acidez las diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$). La puntuación para el sabor salado fue mayor en el queso Tenate (4.9) que en el resto de los quesos (de

3.5 a 3.9), sin embargo no se observaron diferencias significativas entre quesos. A este respecto se ha de comentar que el queso Tenate es el que mayor sal contiene (García, 1996). El menor amargor fue asignado a único queso no madurado (aunque en general la maduración de los otros quesos es corta), el queso Panela. De nuevo las diferencias no fueron significativas, aunque parece haber una correspondencia entre maduración y amargor de la que la producción de péptidos amargos por proteólisis o la generación de compuestos amargos a partir de aminoácidos aromáticos serían los dos mecanismos principales responsables de este sabor (Guldfeldt *et al.*, 2001; Marilley y Casei, 2004).

En relación con la sensación picante, sin duda la adición de chile en el queso botanero hace que este sea puntuado como el queso más picante con bastante diferencia. El resto de los quesos tienen una puntuación muy baja para picante, prácticamente de 1.

La puntuación de los olores evaluados fue en general todavía más baja que la de los sabores. El Panela fue el queso con mayor olor a leche fresca, menor olor a leche cocida, a mantequilla y a leche ácida. Así mismo su intensidad aromática fue menor a la de otros quesos. Este hecho tiene su lógica teniendo en cuenta que el Panela es un queso no madurado y de coagulación enzimática.

Para el resto de los quesos los valores fueron semejantes entre sí, no detectándose diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$). Por otra parte, el olor a establo, considerado en principio más un defecto que una virtud, fue más evidente en el queso Tenate, lo que puede ser debido a que este queso, a diferencia de los otros, se hace prácticamente en el 100% de los casos con leche cruda, no pasteurizada.

Por otra parte, los quesos Manchego, Manchego Botanero y Morral, fueron los quesos con aroma más persistente. Mientas tanto, el queso Panela, no madurado, y el Oaxaca, con muy poca maduración, presentaron una persistencia intermedia. Por su parte, a pesar de que el queso Tenate fue uno de los más aromáticos, este queso mostró el menor tiempo de persistencia del aroma, siendo difícil justificar este hecho.

Respecto a la textura, cabe señalar que el queso Tenate fue el más friable, mostrando diferencias significativas respecto a los otros quesos

($p < 0.05$). La mayor friabilidad puede atribuirse a la forma de elaboración del queso, que una vez desuerado en bolsa, se desmenuza, se introduce la cuajada en los Tenates y en estos se prensa. Por una parte, el queso se desmenuza cuando ya está seco y por otra la presión que se puede aplicar a los Tenates no es muy alta, lo que dificulta que peguen y se unan las partículas de cuajada.

Así mismo el queso Panela fue el más húmedo y menos fundente de todos los quesos estudiados aunque no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$). El Panela es que queso con mayor humedad (García, 2006) y debido a que la coagulación es enzimática y el pH alto su propiedad fundente ha de ser menor a la de el resto de los quesos con menor pH.

Curiosamente el Tenate presentó también una sensación de humedad elevada siendo el queso con menor porcentaje en humedad (García, 2006); sin embargo fue el queso con mayor porcentaje de grasa, y tal vez esa sensación humedad se deba a la liberación de grasa en la boca.

Tabla 6.1. Tabla resumen con las propiedades funcionales de los quesos elaborados en el Estado de Hidalgo.

	Panela (n=9)	Manchego (n=7)	Botanero (n=9)	Morral (n=6)	Tenate (n=6)	Oaxaca (n=10)
Fundido %	-	13.9±3.8 ^b	16.1±8.2 ^{ab}	20.0±5.2 ^{ab}	12.7±3.9 ^b	22.8±4.0 ^a
T. fundido [#]	-	2.0±0.5 ^a	1.7±0.8 ^a	1.6±0.7 ^a	1.8±0.7 ^a	1.5±0.4 ^a
Viscosidad ^{&}	-	2684±1985 ^b	3002±2314 ^{ab}	1544±1494 ^{ab}	4075±2784 ^{ab}	1567±134 ^a
L* pre	88.3±1.4 ^a	79.6±3.1 ^c	82.2±4.2 ^{bc}	81.7±4.6 ^{bc}	79.6±2.3 ^c	86.0±2.9 ^{ab}
L* post	-	66.6±2.5 ^{ab}	65.1±2.7 ^b	70.6±3.9 ^{ab}	72.1±4.8 ^a	69.3±5.4 ^{ab}
a* pre	1.06±0.68 ^b	3.6±1.7 ^a	1.9±0.7 ^b	2.3±1.2 ^{ab}	2.1±0.8 ^{ab}	1.0±1.0 ^b
a* post	-	1.5±1.6 ^{ab}	3.2±2.9 ^a	1.3±0.8 ^{ab}	0.2±0.4 ^b	0.4±0.6 ^b
b* pre	15.1±1.4 ^c	23.0±1.2 ^a	23.1±1.6 ^a	20.2±2.6 ^{ab}	20.5±3.3 ^{ab}	19.7±2.7 ^b
b* post	-	19.1±1.7 ^{ab}	22.0±3.4 ^a	22.4±3.4 ^a	21.3±3.5 ^a	16.4±3.8 ^b

Fundido: % de estiramiento al fundir

[#] Tiempo de fundido (min)

[&] Viscosidad aparente (poises)

Δ Valores finales (después del fundido) menos valores iniciales (antes del fundido)

^{a, b} Medias de cada parámetro sin ninguna letra en común presentaron diferencias significativas con el análisis de varianza (p<0.05)

Tabla 6.2 Resultados del análisis sensorial de los quesos del Estado de Hidalgo

	MANCHEGO (n=5)	PANELA (n=5)	TENATE (n=5)	OAXACA (n=5)	BOTANERO (n=5)	MORRAL (n=4)
Sabor y sensación picante						
Dulce	2.4±0.4 ^b	4.0±0.8 ^a	2.6±0.7 ^b	2.9±0.5 ^b	2.7±0.3 ^b	3.2±0.4 ^b
Ácido	4.2±1.0 ^a	3.2±1.1 ^a	4.2±1.0 ^a	4.9±0.6 ^a	4.4±0.9 ^a	4.4±1.1 ^a
Salado	3.5±0.7 ^a	3.5±1.0 ^a	4.9±1.6 ^a	3.8±0.6 ^a	3.7±0.5 ^a	3.9±0.4 ^a
Amargo	3.2±0.7 ^a	2.1±0.8 ^a	3.4±1.0 ^a	2.9±0.7 ^a	3.0±0.6 ^a	3.7±1.4 ^a
Picante	1.2±0.2 ^b	1.2±0.2 ^b	1.5±0.3 ^b	1.3±0.2 ^b	4.3±2.1 ^a	1.2±0.1 ^b
Olor						
Leche fresca	2.3±0.3 ^b	3.7±0.5 ^a	2.7±0.8 ^b	2.6±0.4 ^b	2.3±0.4 ^b	2.7±0.4 ^b
Leche cocida	3.0±0.4 ^{ab}	2.3±0.2 ^b	2.7±0.5 ^{ab}	2.8±0.4 ^{ab}	2.7±0.5 ^{ab}	3.5±0.5 ^a
Leche ácida	3.0±0.5 ^b	2.8±0.9 ^b	4.1±0.4 ^a	3.4±0.6 ^{ab}	3.2±0.3 ^{ab}	3.7±0.3 ^{ab}
Mantequilla	3.2±0.6 ^a	1.8±0.2 ^b	3.2±0.7 ^a	3.0±0.6 ^a	3.1±0.2 ^a	3.5±0.6 ^a
Establo	1.4±0.2 ^b	1.7±0.3 ^{ab}	2.1±0.5 ^a	1.7±0.4 ^{ab}	1.3±0.1 ^b	1.4±0.2 ^b
Int. Olor	3.9±0.7 ^a	2.5±0.6 ^b	4.2±0.3 ^a	3.4±0.8 ^a	3.9±0.5 ^a	4.2±0.3 ^a
Persistencia	50.5±4.5 ^a	39.4±4.3 ^b	27.6±3.4 ^c	40.2±4.0 ^b	56.6±6.5 ^a	59.7±10.8 ^a
Textura						
Húmedo	3.1±0.6 ^a	4.1±0.8 ^a	3.8±0.9 ^a	3.4±0.6 ^a	3.1±0.6 ^a	3.3±0.1 ^a
Friable	4.0±0.2 ^b	4.3±0.6 ^b	6.0±1.1 ^a	4.4±0.7 ^b	5.0±0.8 ^{ab}	5.2±0.8 ^{ab}
Fundente	4.9±1.1 ^a	3.4±1.1 ^a	4.0±1.5 ^a	5.4±1.3 ^a	5.4±1.2 ^a	5.7±1.4 ^a

7. CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

La definición de los seis quesos tradicionales (**Panela**, **Manchego**, **Manchego Botanero**, **Morral**, **Tenate** y **Oaxaca**) que se elaboran en mayor cantidad en el Valle de Tulancingo, su caracterización funcional y sensorial han quedado reflejados en el presente trabajo.

En general y considerando todos los tipos de quesos que predominan en el mercado del Estado de Hidalgo. Los quesos del mencionado estado tienen una presentación aproximada de medio kg, están envasados al vacío o protegidos por una película plástica. Además, estos quesos, no suelen tener corteza o si la tienen es muy fina, la pasta es cerrada o semi cerrada, su consistencia es entre blanda o semidura, según el tipo de queso que se considere, y mayoritariamente presentan buena aptitud para el rebanado (excepto el queso Tenate). Su sabor es equilibrado estando presentes normalmente las sensaciones ácidas, saladas y amargas; y su aroma es bajo-moderado, con notas típicas de la familia de olores lácticos.

Comparando los quesos entre sí y en relación con las propiedades de fundido (y sin considerar el queso Panela), el queso Oaxaca fue el que presentó mejores propiedades de fundido en comparación con los quesos Tenate y Manchego que mostraron propiedades con menor porcentaje de fundido. Sin embargo, las propiedades funcionales de fundido de los quesos fueron en todos los casos adecuadas ($12.7 \pm 3.9\%$).

Los parámetros de la composición química de los quesos con mayor correlación con la extensión durante el fundido, el tiempo de fundido y la viscosidad fueron el pH, el indicador de proteólisis (nitrógeno α -aminoacídico), el contenido en sal sobre fase acuosa y el contenido en grasa sobre extracto.

Sin embargo, el color del queso tras el fundido no mostró una correlación clara con ninguno de los parámetros químicos determinados en los quesos.

En relación con el sabor de los quesos, el queso Panela fue el que se diferenció del resto por ser el más dulce, el menos ácido y el menos amargo, mientras que el Tenate fue el que presentó el sabor más salado. El resto de los quesos presentaron valores semejantes entre sí. Es de destacar la presencia de sabor amargo en algunos de los quesos, generados probablemente por la actividad proteolítica.

Las puntuaciones de las notas aromáticas fueron en general bajas para todos los quesos. Las características más distintivas de algunos de los quesos analizados fueron el olor a leche fresca del queso Panela, el olor a leche cocida del queso Morral y el olor a leche ácida del Tenate. La persistencia del *flavor* en la boca fue mayor en los quesos Manchego, Botanero y Morral comparado con los quesos Oaxaca, Panela y Tenate.

Con respecto a los atributos sensoriales de textura, los quesos más peculiares fueron: el queso Panela, que mostró mayor humedad y menor carácter fundente que el resto, y el queso Tenate que mostró mayor friabilidad y una sensación de humedad elevada en la boca, probablemente debido a su alto contenido en grasa.

La aportación de este trabajo, es la recopilación de forma escrita de las características de los quesos elaborados en el Estado Hidalgo que permiten una definición de los mismos. Así como, mejorar la calidad de los quesos analizados en este trabajo.

8. *BIBLIOGRAFIA*

8. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

- Alfa Laval Food Engineering A.B. (1990) Manual de Industrias Lácteas. Ed. AMV 2da Edición. Madrid, España
- Anzaldúa-Morales, A. (1994) Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ed. Acribia, Zaragoza, España
- Apostolopoulos, C. (1993) Sample empirical and fundamental methods to determine objectively the stretchability of Mozzarella cheese. *Journal Dairy Research* **61**, 405-413.
- Beresford, T.P., Fitzsimons, N.A., Brennan, N.L., Cogan, T.M. (2001) Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal* **11**, 247-259.
- Carmona, M. (2006) Cálculo del rendimiento del queso tipo Oaxaca, determinando la relación óptima de materia grasa y sólidos no grasos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Chamorro, M. C., Losada, M.M. (2002) El análisis sensorial de los quesos". Ed. Mundi prensa, Madrid, España.
- Codex Alimentarius (2006) Norma general del codex para el queso. (www.codexalimentarius.net)
- Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G. (2003) Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal* **13**, 841-866.
- Costell, D, E. (1982) El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos IV: realización y análisis de los datos. *Revista Agroquímica Tecnológica Alimentaria* **221**, 1-21.
- Dalgleish, D., Alexander, M., Corredig, M. (2004) Studies of the acid gelation of milk using ultrasonic spectroscopy and diffusing wave spectroscopy. Department of Food Science, University of Guelph, Ontario, Canada **18**, 747-755.

- Da Silva, D. J. (2001) Caracterización sensorial y fisicoquímica del Queijo Serpa. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Cáceres, España
- Drake, M.A., Yates, M.D., Gerard, P.D., Delahunty, C.M., Sheehan, E.M., Turnbull, R.P., Dodds, T.M. (2005) Comparison of differences between lexicons for descriptive analysis of Cheddar cheese flavour in Ireland, New Zealand, and the United States of America. *International Dairy Journal* **15**, 473–483.
- Eck, A. (1990). El queso. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Ellis, B.H. (1961) A guide book for sensory testing. Ed. Continental Can Company. Chicago, USA.
- FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database (<http://www.faostat.fao.org>). Última consulta 26 de Noviembre 2006.
- Fox, F.P., Guinee, T.P., Cogan, T.M., Mc Sweeney, P.L.H., (2000) *Fundamental of Cheese Science*. Aspec Publishers. Inc. Caithersburg Maryland, 1-333.
- Fox, F.P., Wallace, J.M. (1997) Formation of flavour compounds in cheese. *Advances in Applied Microbiology* **45**, 17-85.
- Fox, F.P., McSeeney, P.H.L. (1996) Proteolisis in cheese during ripening. *Food Reviews International* **12**, 457-509.
- Franco, F. M. J. (2005) Propiedades mecánicas y de textura del queso tipo Oaxaca, efecto del proceso de elaboración y del contenido graso. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- García, B. (2006) Caracterización Fisco-Química de Diversos Tipos de Quesos Elaborados en el Valle de Tulancingo, Hgo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- García, G., Canada, J. (1997) Evaluación sensorial. *Alimentaria* **97**, 14-15.
- Guinee, T.P., Harrington, D., Corcoran, M.O., Mulholland, E.O. y Mullins, C. (2000) The compositional and functional properties of commercial mozzarella, cheddar and analogue pizza cheeses. *International Journal of Dairy Technology* **53**(2), 51-56.

- Guinee, T.P., and O'Callaghan D.J. (1997) The use of a simple empirical method for objective quantification of the stretchability of cheese on cooked pizza pies. *Journal Food Engineering* **31**,147-161.
- Gobbetti, M., Morea, M., Baruzzi F., Corbo, M.R., Matarante, A., Considine, T., Di Cagno, R., Guinee, T.P., Fox P.F. (2002) Microbiological, compositional, biochemical and textural characterization of Caciocavallo Pugliese chesse during ripening. *International of Dairy Journal* **12**, 511-523.
- Guldfeldt, L.U., Sorensen, K.I., Stroman, P., Behrndt, H, Williams, D., Johansen, E. (2001) Effect of starter cultures with a genetically modified peptidolytic or proteolytic system on Cheddar cheese ripening. *International. Dairy Journal* **11**, 373–382.
- Hai-Hong, W, Da-Wen, S. (2002) Melting Characteristics of cheese: analysis of cooking conditions using computer vision technology. *Journal of Food Technology* **51**, 305-310.
- Hernández, P.T. (2000) Bases científicas del análisis sensorial. *Alimentaria* **309**, 155-164.
- Caro, I., Mateo, J., Franco, M.J. (1999) Quesos de pasta filata: Tecnología del queso Mozzarella I. Características de fabricación. *Alimentaria* **99**, 151-158.
- Caro, I., Mateo, J., Franco, M.J. (1999) Quesos de pasta filata: Tecnología del queso Mozzarella II. Características reológicas y/o propiedades funcionales del queso Mozzarella. *Alimentaria* **99**, 159-163.
- Kindstedt, P.S. (1993) Effect of manufacturing factors, composition and proteolysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese. *Critical Review Food Science and Nutrition* **33**, 167-187.
- Kosikowski, F. V. (1982) Cheese and fermented milk foods. Ed. Edwards Brothers Inc., Michigan, USA.
- Lelievre, J., Shaker, R.R., Taylor, M.W. (1990) The role of homogenization in the manufacture of hallourni and mozzarella cheese from recombined milk. *Journal of the Society of Dairy Technology* **43**, 21-24.
- Lucey, J.A., Fox, P.F. (1993) Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture. *Journal. Dairy Science* **76**, 1714-1724.

-
- Martínez, M.C.D., Martínez, A.G. (1993) Conocimientos básicos de cata. *Alimentación, Equipos y Tecnología* **2**, 89-95.
- Marilley, L., Casey, M.G. (2004) Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains *International Journal of Food Microbiology* **90**, 139–159.
- Martins, C. (1990) Evaluación sensorial de alimentos. Universidade de Tras-Os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Portugal.
- McMahon, D.J., Oberg, C.J., McManus, W. (1993) Functionality of Mozzarella cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology* **48**, 99-104.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J. (2000) Biochemical pathways for de production of flavour compounds in cheeses during ripening. *Le Lait* **80**, 293-324.
- Metzger, L.E., Barbano, D.M., Kindstedt, P.S., Guo, M.R. (2001) Effect of milk preacidification on low fat Mozzarella cheese: II. Chemical and functional properties during storage. *Journal of Dairy Science* **84**, 1348–1356.
- Pastorino, A.J., Hansen, C.L., McMahon, D.J. (2003) Effect of pH on the chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* **86**, 2751-2760.
- Poste, L. M., Butler, G., Mackie, D., Agar, V. E., Thompson, B. K., Cliplef, R. L., and McKay, R. M. (1993) Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling techniques. *Food Quality and Preference* **4**, 207-214.
- Retiveau, A., Chambers, D.H., Esteve, E. (2005) Developing a lexicon for the flavor description of French cheeses. *Food Quality and Preference* **16**, 517–527.
- Rowney, M.K., Roupas, P., Hickey, M.W., Everett, D.W. (2004) Salt induced structural changes in 1-day old Mozzarella cheese and the impact upon free oil formation. *International Dairy Journal* **14**, 809-916.
- Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J., Kindstedt, P.S. (1999) Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* **82**, 661–672.
- Scott, R. (1991) Fabricación de quesos Ed. Acribia Zaragoza, España.

- Sheehan, J.J., Guinee, T.P. (2004) Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal* **14**, 161–172.
- Silva, S. G. (2006), Comunicación personal.
- Sousa, M.J., Ard, Y., McSweeney, P.L.H. (2001) Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal* **11**, 327-345.
- Tunick, M.H., Mackey, K.L., Smith, P.W., Holsinger, V.H. (1991) Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. *Milk Dairy Journal* **45**, 117-125.
- Tunick, M. H., K. L. Mackey, J. J. Shieh, P. W. Smith, P. Cooke, and E. L. Malin. 1993. Rheology and microstructure of low fat Mozzarella cheese. *Internacional Dairy Journal* **3**, 659-662
- Veisseyre, R. (1998) Lactología técnica: Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., Van Boekel, M. (2001) Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Hui, Y.H. (1992a). Dairy science and technology Handbook 1. Principles and Properties. Ed. VCH Publisher Inc. New York, USA, 157-253.
- Hui, Y.H. (1992b) Dairy science and technology Handbook 2. Product Manufacturing. Ed. VCH Publisher Inc. New York, USA, 161-234.
- Yun, J.J., Kiely, L.J., Kindstedt, P.S., Barbano, D.M. (1993) Mozzarella cheese: impact of milling pH on functional properties. *Journal of Dairy Science* **76**, 3639–3647.

9. *ANEXOS*

Anexo 1. Ficha de cata utilizada en el reconocimiento de sabores

Reconocimiento de Sabores

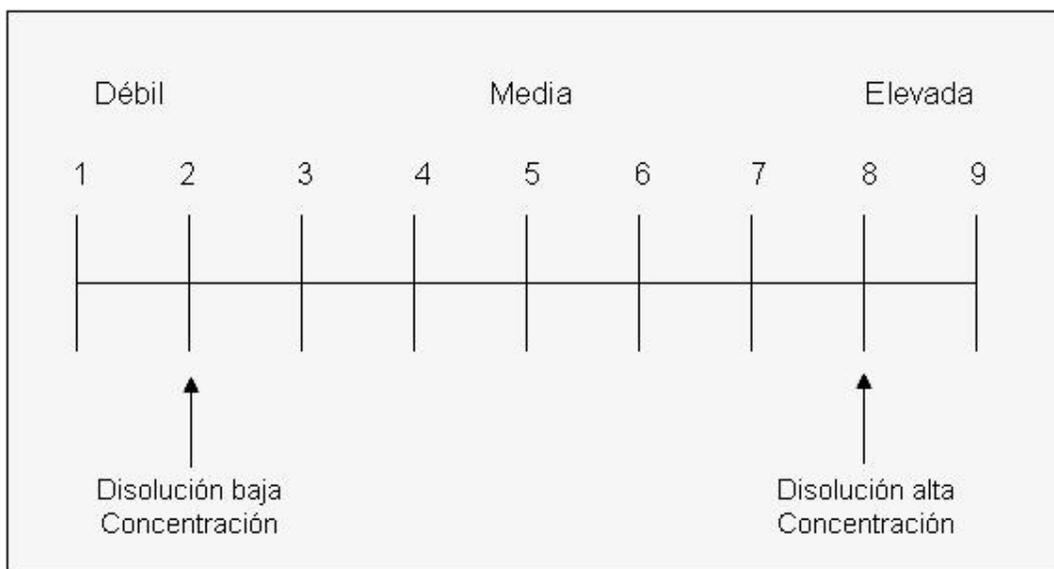
NOMBRE: _____ FECHA: _____

A continuación se presentan cinco muestras; en las cuales deberá reconocer los sabores que abajo se enlistan. Y anotar la clave que considera adecuada en el cuadro.

SABOR	CLAVE
Acido	
Dulce	
Salado	
Amargo	
Picante	

Observaciones: _____

Anexo 2. Escala de nueve puntos usada en el entrenamiento del análisis sensorial

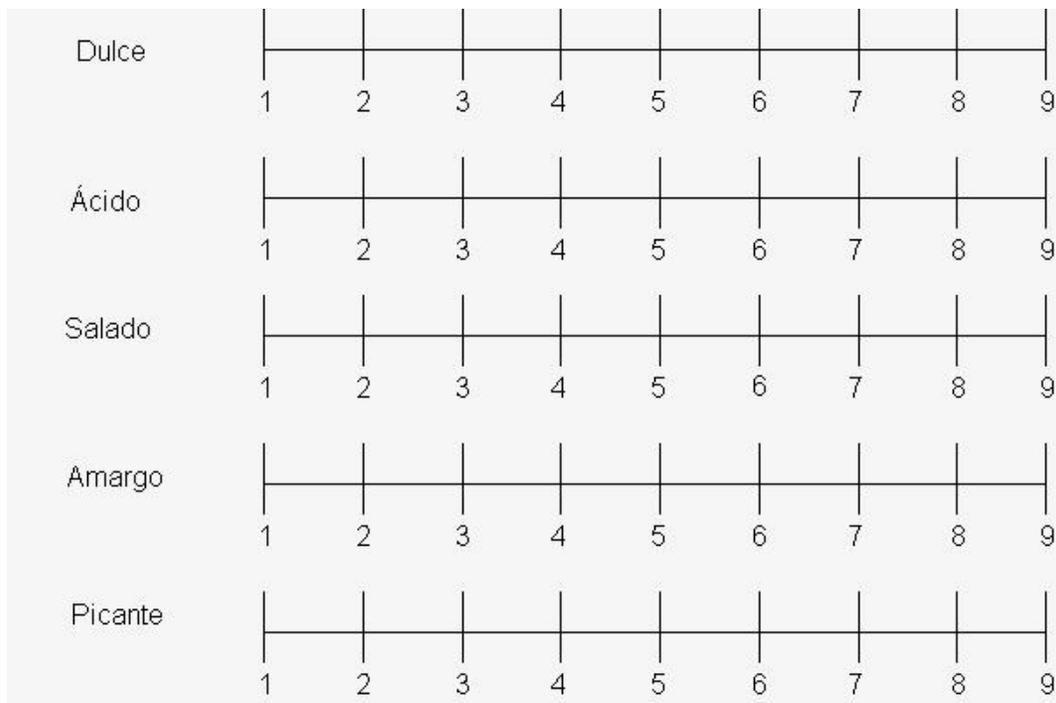


Anexo 3. Ficha utilizada en la prueba de evaluación de la intensidad de los sabores y la sensación picante de los estándares.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran 5 platos, cada uno con 2 muestras de requesón, una con baja (izquierda) y otra con alta (derecha) intensidad de los siguientes sabores: dulce, ácido, salado amargo y otro con la sensación picante. Por otra parte, se muestran varias escalas para cada sensación.

Pruebe las muestras y asocie la intensidad con la posición marcada en la escala correspondiente. Es muy importante que lo memorice para análisis futuros. Deje la mitad de cada muestra de requesón para la siguiente prueba.



Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 4. Ficha utilizada en la sesión recordatoria de sabores

Ante usted tiene 5 platos con requesón con distintos sabores: dulce, ácido, salado, amargo y sensación picante. Cada plato tiene el sabor y la sensación de picante en dos intensidades distintas. La intensidad de la izquierda es baja y se va a puntuar con un 2 en una escala de 1 a 9; la intensidad de la derecha es alta y se va a puntuar con un 7 en la escala de 1 a 9. Memorice las sensaciones de los sabores y asócielas a 2 y a 7 en la escala de 1 a 9.

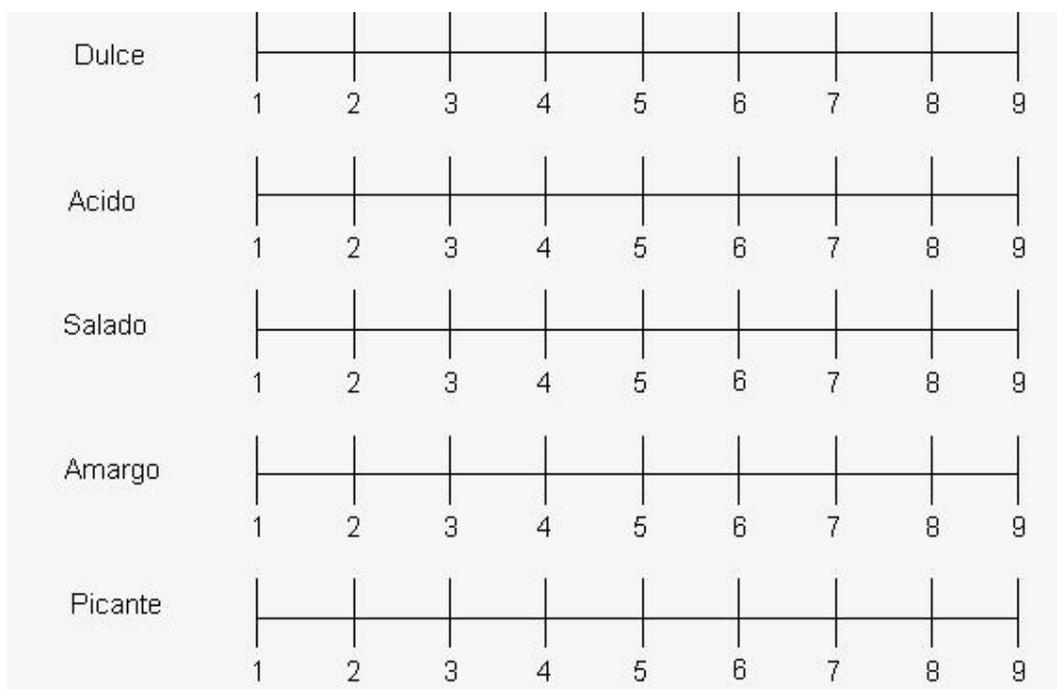


Anexo 5. Ficha utilizada en la prueba de entrenamiento de sabores consistente en la evaluación de las sensaciones sápidas y picantes de un queso de acuerdo a los estándares cuyos valores de intensidad se fijaron en la Fig. 4.4.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentra los mismos vasos que en el análisis anterior y además en el anaquel de arriba va a encontrar un plato con queso que va a utilizar para esta nueva prueba.

Esta prueba consiste en situar el queso en la escala según su intensidad de olor comparando con las referencias (Es necesario probar de nuevo las referencias para esta prueba).



Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 6. Ficha de cata utilizada la identificación de olores

Reconocimiento de Olores

NOMBRE: _____ FECHA: _____

A continuación se le presentan cinco muestras; en las cuales deberá reconocer los olores que abajo se enlistan. Y anotar la clave que considera adecuada en el cuadro.

Olor	Clave
Leche fresca	
Leche cocida	
Mantequilla	
Establo	
Leche acidificada	
Olor a queso	

Observaciones: _____

Gracias

Anexo 7. Ficha utilizada en la prueba de cuantificación de estándares de olores

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran vasos con olores que pueden presentar los quesos: leche fresca, leche cocida, leche ácida, mantequilla, aroma a queso en concentración baja, aroma a queso de concentración alta y establo.

Pruebe las muestras y puntúe la intensidad de cada una en la escala correspondiente. Es muy importante que lo memorice para análisis futuros.

Leche fresca									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leche cocida									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leche ácida									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mantequilla									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intensidad olor									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Establo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

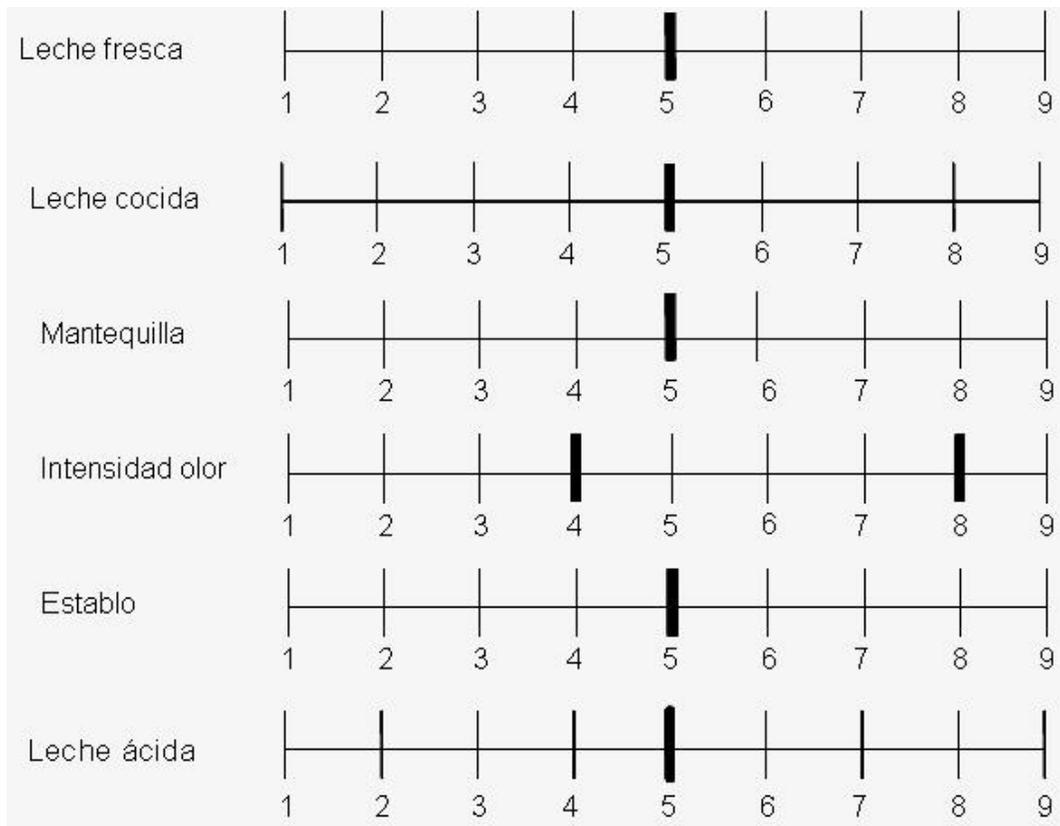
Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 8. Ficha utilizada en la sesión de entrenamiento de olores con los valores asignados a cada estándar.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran 6 vasos con distintos olores: leche fresca, leche cocida, mantequilla, intensidad de olor baja, intensidad de olor alta y establo. Memorice las sensaciones y asócielas a los valores marcados en la escala. Es muy importante que lo memorice para análisis futuros



Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 9. Ficha utilizada en la prueba de entrenamiento de olores en la que se puntúa un queso en presencia de los estándares.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran los mismos vasos que en el análisis anterior y además en el anaquel de arriba va a encontrar un plato con queso que va a utilizar para esta nueva prueba.

Esta prueba consiste en situar el queso en la escala según su intensidad de olor comparando con las referencias (Es necesario probar de nuevo las referencias para esta prueba).

Leche fresca	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leche cocida	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leche ácida	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mantequilla	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intensidad olor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Establo	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 10. Ficha de cata utilizada la evaluación de la intensidad de los atributos de textura y la persistencia de un queso.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Delante de usted tiene unos trozos de queso panela, evalúe sus características de textura (fundente, húmedo y friable) situándolas en las siguientes escalas de según corresponda cada atributos.

Fundente

|-----|

Húmedo

|-----|

Friable

|-----|

Persistencia: poner los segundos _____

Observaciones:

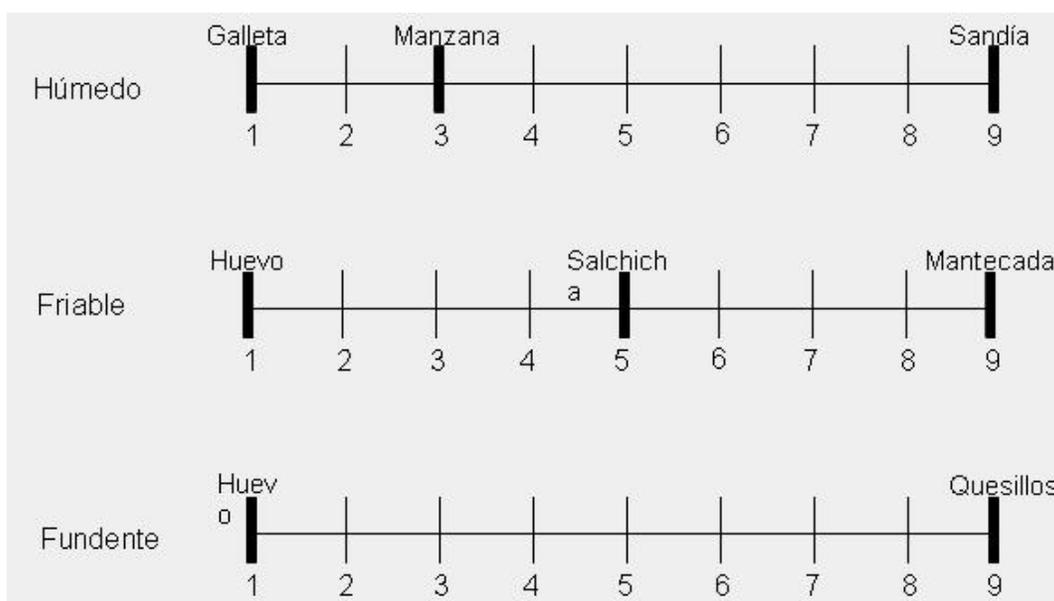
Muchas Gracias

Anexo 11. Ficha de cata utilizada en la evaluación de la intensidad de las características de textura.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran platos con referencias de diferentes texturas: Húmedo, Friable y fundente, que pueden presentar los quesos.

Pruebe las referencias y memorice la intensidad propuesta para cada una, en la escala correspondiente. Es muy importante que lo memorice para análisis futuros.



Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 12. Ficha utilizada en la evaluación del Olor de los quesos.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran 5 muestras codificadas de queso manchego. Evalúe la intensidad del olor de cada muestra y marque en las escalas que se presentan a continuación cada código en el lugar que crea adecuado. Comience por las muestras de la parte superior (de izquierda a derecha) y continúe por las de la parte inferior (de izquierda a derecha).

Leche fresca	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leche cocida	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Leche ácida	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mantequilla	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intensidad olor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Establo	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 13. Ficha utilizada en la evaluación de los sabores y la sensación picante.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran 5 muestras codificadas de queso manchego. Evalúe la intensidad del sabor de cada muestra y marque en las escalas que se presentan a continuación cada código en el lugar que crea adecuado. Comience por las muestras de la parte superior (de izquierda a derecha) y continúe por las de la parte inferior (de izquierda a derecha).

Dulce	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ácido	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Salado	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Amargo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Picante	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Observaciones: _____

Muchas gracias

Anexo 14. Ficha utilizada en la evaluación de los atributos de textura de los quesos.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Ante usted se encuentran 5 muestras codificadas de queso manchego. Mida la intensidad de las características de textura que se presentan a continuación (Introduzca la muestra en su boca y mástiquela de 2 a 4 veces), marcando en las escalas el código en el lugar que crea adecuado. Comience por las muestras de la parte superior (de izquierda a derecha) y continúe por las de la parte inferior (de izquierda a derecha).

Húmedo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Friable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fundente	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Observaciones: _____

Muchas gracias