



---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

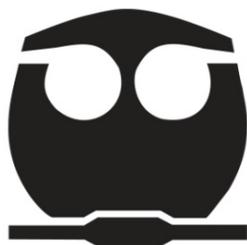
ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE QUESOS FRESCOS  
FUNCIONALES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA

LUIS FERNANDO PATLAN VELAZQUEZ



MÉXICO, D.F

2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

---

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** MARIA ELENA CAÑIZO SUAREZ

**VOCAL:** AURORA IRMA ORTEGON AVILA

**SECRETARIO:** MARICARMEN QUIRASCO BARUCH

**1er. SUPLENTE:** PATRICIA SEVERIANO PEREZ

**2° SUPLENTE:** VERONICA GARCÍA SATURNINO

**El proyecto de tesis de licenciatura se realizó bajo la dirección de la Dra. Maricarmen Quirasco Baruch en el Laboratorio 312, Departamento de Alimentos y Biotecnología, Conjunto E, Facultad de Química, UNAM, México, D.F.**

**ASESOR DEL TEMA**

**DRA. MARICARMEN QUIRASCO BARUCH**

---

**SUPERVISOR TÉCNICO**

**M. EN C. VERÓNICA GARCÍA SATURNINO**

---

**SUSTENTANTE**

**LUIS FERNANDO PATLAN VELAZQUEZ**

---

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesora, la Dra. Maricarmen, gracias por tener tanta paciencia y explicarme cada cosa que no entendía, apoyarme con la elaboración de este trabajo, y sobre todo por darme palmadas de aliento en momentos donde la investigación se “atoraba” un poco.

A mi supervisora, Vero García, muchas gracias por tu creatividad, tu paciencia, tus enseñanzas, tus consejos, y sobretodo por ayudarme a seguir adelante cuanto creí que mi cabeza estaba a punto de explotar.

A Cinthya Paola Romero, mi compañera de batalla, gracias por ser un oasis en un desierto que a veces amenazaba con tragarnos vivos, por hacer mas amenos todos esos días en que tuvimos que hacer queso, por todos nuestros días de chisme y critica constructiva, por tu ayuda en las incontables pruebas sensoriales, y sobretodo por tu amistad durante todo este tiempo, que espero continúe durante mucho tiempo.

A la Dra. Patricia Severiano Pérez, por toda la ayuda brindada durante la elaboración y aplicación de las pruebas sensoriales, además de sus acertados comentarios para el análisis de las mismas.

A la Dra. Mariana Rodríguez por su ayuda en el manejo del texturómetro. A la Dra. Gloria Díaz por permitir el uso del Stomacher para los análisis microbiológicos.

A los profesores Esmeralda Paz, Marco Antonio León, Argelia Sánchez y Liliana Osnaya, por “prestarme” a sus alumnos para llevar a cabo mis innumerables pruebas sensoriales.

A las doctoras, Amanda Gálvez, y Amelia Farrés, por todos sus comentarios durante mis seminarios. A la Dra. Carolina Peña por todo el apoyo brindado durante mi estancia en el laboratorio.

---

---

A mis compañeros del 312 Betty, Luisa y Laura por su amistad dentro y fuera del laboratorio. Ales, Elenita, Carlitos, Paty, Gaby, José Luis, Katia, Isaac, Manuel, Laura S., Sergio, Mary, Erick, Israel, Sandra, Myrna, Aline, Stefania, Ximena, Belén, Berenice, Frida, Sr. Rodrigo, Irma, Isaac, Augusto, Sra., Rosalinda, Nelson, Cindy, Fernanda, Mariana, Ingrid, Alaíde y Herman, por su ayuda, consejos, y por enseñarme a convivir en un laboratorio de investigación.

A Eli, mi hermanita, por nuestros casi diez años de amistad, por escucharme, ayudarme y aconsejarme cuando más lo he necesitado, y por ser unas de las personas más especiales en mi vida.

A mis amigos de la prepa, Medel, Pau (Cirpi), Andrea y Vicky por los miles de momentos que hemos compartido, y los que nos faltan por compartir.

A mi casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme todas las herramientas para concluir esta etapa con éxito y poder salir a enfrentar los retos que me imponga la vida con toda seguridad.



*Dedico este trabajo a mi madre y hermana...*



En memoria de Sasha F. “El hambre la tiraba, pero su orgullo la  
levantaba”

---

---

## ÍNDICE GENERAL

	página
Listado de Tablas.....	i
Listado de Figuras.....	iii
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Marco Teórico	
3.1. Queso Fresco.....	5
3.1.1. Definición.....	5
3.1.2. Clasificación.....	5
3.1.2.1. Quesos botaneros.....	6
3.1.3. Proceso de elaboración.....	7
3.1.4. Calidad.....	10
3.1.4.1. Parámetros de calidad para quesos mexicanos.....	11
3.1.5. Deterioro.....	12
3.1.6. Valor nutrimental.....	13
3.1.7. Producción y consumo en México.....	14
3.2. Alimentos funcionales	
3.2.1. Definición.....	16
3.2.2. Componentes funcionales.....	16
3.2.3. Desarrollo.....	18
3.3. Prebióticos.....	19
3.4. Vida útil de un alimento	
3.4.1. Definición.....	21
3.4.2. Marco Legal.....	22
3.4.3. Evaluación.....	23
3.4.3.1. Evaluación en quesos.....	23
3.5. Textura de los alimentos.....	24
3.5.1. Análisis de perfil de textura.....	26
3.5.2. Textura del queso.....	28
3.6. Desarrollo de nuevos productos.....	29

---

---

4. Justificación.....	32
5. Objetivos.....	34
5.1. Objetivos generales.....	34
5.2. Objetivos particulares.....	34
6. Estrategia Experimental.....	35
7. Materiales y métodos	
7.1. Materias primas.....	38
7.2. Proceso de elaboración de queso.....	38
7.3. Etapa de adición de fibra soluble.....	39
7.4. Cantidad de fibra soluble	
7.4.1. Análisis de perfil de textura.....	39
7.4.2. Prueba de preferencia.....	40
7.5. Pretratamiento del epazote.....	40
7.6. Formulación de quesos botaneros.....	41
7.6.1. Prueba de preferencia.....	41
7.6.2. Prueba de nivel de agrado.....	41
7.7. Vida de anaquel.....	42
7.7.1. pH y acidez.....	43
7.7.2. Humedad.....	43
7.7.3. Sinéresis.....	44
7.7.4. Análisis microbiológico.....	44
7.7.4.1. Preparación de muestras.....	44
7.7.4.2. Mesófilos aerobios.....	45
7.7.4.3. <i>E.coli</i> / Coliformes, Hongos y Levaduras, y <i>Staphylococcus aureus</i> .....	45
7.7.5. Análisis de perfil de textura.....	45
7.8. Análisis sensorial producto terminado.....	46
7.9. Análisis nutrimental y de costos.....	47
8. Resultados y análisis	
8.1. Etapa de adición de fibra.....	48
8.2. Cantidad de fibra.....	50

---

---

8.2.1. Análisis de perfil de textura.....	51
8.2.2. Evaluación sensorial.....	54
8.3. Pruebas piloto para la elaboración de quesos botaneros.....	56
8.3.1. Queso con chile jalapeño en escabeche.....	56
8.3.2. Queso con chile chipotle adobado.....	58
8.3.3. Queso con epazote.....	60
8.4. Vida de anaquel.....	64
8.4.1. pH y acidez.....	65
8.4.2. Humedad y sinéresis.....	66
8.4.3. Análisis de perfil de textura (TPA).....	68
8.4.4. Análisis microbiológico.....	71
8.4.5. Tiempo de vida de anaquel.....	74
8.5. Evaluación sensorial de los productos terminados .....	74
8.5.1. Queso blanco.....	75
8.5.2. Queso con chile jalapeño en escabeche.....	76
8.5.3. Queso con chile chipotle adobado.....	76
8.5.4. Queso con epazote.....	77
8.5.5. Análisis comparativo final.....	77
8.6. Análisis nutrimental y de costos.....	79
9. Conclusiones.....	82
10. Perspectivas.....	83
11. Anexos	
11.1. Formulación y procesamiento final de quesos frescos funcionales	
11.1.1. Formulación.....	84
11.1.2. Proceso.....	84
11.2. Método fenol-sulfúrico para la cuantificación de carbohidratos	
11.2.1. Descripción.....	86
11.2.2. Metodología.....	86
11.2.3. Curva de calibración de fibra soluble.....	87
11.3. Resultados completos del TPA para quesos con diferente cantidad de fibra.....	87

---

---

11.4.	Método Petrifilm™ para análisis microbiológico de alimentos	
11.4.1.	Introducción.....	89
11.4.2.	Descripción.....	89
11.4.3.	Clasificación.....	90
11.5.	Evaluación sensorial para formulación de quesos	
11.5.1.	Queso blanco	
11.5.1.1.	Cuestionario.....	94
11.5.1.2.	Hoja de vaciado de datos.....	94
11.5.2.	Queso con chile jalapeño en escabeche	
11.5.2.1.	Cuestionario.....	97
11.5.2.2.	Hoja de vaciado de datos.....	98
11.5.3.	Queso con chile chipotle adobado	
11.5.3.1.	Cuestionario.....	101
11.5.3.2.	Hoja de vaciado de datos.....	102
11.5.4.	Queso con epazote	
11.5.4.1.	Cuestionario.....	105
11.5.4.2.	Hoja de vaciado de datos.....	106
11.5.5.	Ejemplo de cálculo de análisis por diferencia de rangos (prueba preferencia).....	110
11.5.6.	Ejemplo de cálculo de Análisis de Varianza de dos vías.....	111
11.6.	Curvas del TPA para todas las formulaciones durante la vida de anaquel.....	115
11.7.	Datos completos del TPA de las formulaciones durante los tres tiempos.....	118
11.8.	Evaluación sensorial para comparación con producto comercial	
11.8.1.	Queso blanco	
11.8.1.1.	Cuestionario .....	121
11.8.1.2.	Hoja de vaciado de datos.....	122
11.8.2.	Queso con chile jalapeño	
11.8.2.1.	Cuestionario.....	125
11.8.2.2.	Hoja de vaciado de datos.....	126

---

---

11.8.3.	Queso con chile chipotle adobado	
11.8.3.1.	Cuestionario.....	129
11.8.3.2.	Hoja de vaciado de datos.....	130
11.8.4.	Queso con epazote	
11.8.4.1.	Cuestionario.....	133
11.8.4.2.	Hoja de vaciado de datos.....	134
11.8.5.	Ejemplo de cálculo de <i>t de student</i> .....	137
11.9.	Desarrollo de preparados de chile jalapeño en escabeche y de chile chipotle adobado.....	138
12.	Bibliografía.....	141

---

---

## LISTADO DE TABLAS

	página
Tabla 3.1. Límite máximo de microorganismos permitidos en queso.....	11
Tabla 3.2. Especificaciones fisicoquímicas para queso.....	11
Tabla 3.3. Consumo de quesos en México durante el periodo '02-'06.....	16
Tabla 3.4. Definición sensorial e instrumental de los parámetros del TPA.....	26
Tabla 7.1. Escala hedónica estructurada de 7 puntos.....	42
Tabla 7.2. Escala hedónica estructurada de 9 puntos.....	46
Tabla 8.1. Absorbancias a 490nm, de las diferentes muestras de suero.....	48
Tabla 8.2. Concentración directa de las diferentes muestras de suero en mg/mL....	49
Tabla 8.3. Balance final de fibra soluble.....	50
Tabla 8.4. Promedio de las determinaciones de TPA para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.....	51
Tabla 8.5. Resumen de la prueba de nivel de agrado del queso con chile jalapeño..	57
Tabla 8.6. Resumen de la prueba de nivel de agrado del queso con chile chipotle..	58
Tabla 8.7. Cuenta en placa de epazote desinfectado.....	61
Tabla 8.8. Cuenta en placa de epazote tratado térmicamente.....	62
Tabla 8.9. Resumen de la prueba de nivel de agrado del queso con epazote.....	63
Tabla 8.10. Promedios de parámetros de textura para las muestras evaluadas durante la vida de anaquel.....	70
Tabla 8.11. Vida de anaquel estimada para las cuatro formulaciones de queso.....	74
Tabla 8.12. Cálculo de los costos para las formulaciones desarrolladas por 250g de producto (costo dado en MXN).....	80
Tabla 8.13. Comparación del contenido nutrimental y de costos de los productos desarrollados en el laboratorio contra productos comerciales.....	80
Tabla 11.1. Resultados del TPA aplicado a diversas muestras de queso blanco.....	87
Tabla 11.2. Sumatoria de rangos para cada muestra.....	110
Tabla 11.3. Diferencias absolutas entre sumas de rangos de las muestras.....	110
Tabla 11.4. Comparación de las diferencias entre sumas de rangos con los valores de tablas.....	111
Tabla 11.5. Análisis de varianza.....	113
Tabla 11.6. Comparación de valores de F calculados con valores de tablas.....	113

---

---

Tabla 11.7 Prueba DMS para los resultados obtenidos.....	114
Tabla 11.8. Datos del TPA durante el tiempo 1.....	118
Tabla 11.9. Datos del TPA durante el tiempo 2.....	119
Tabla 11.10. Datos del TPA durante el tiempo 3.....	120
Tabla 11.11. Formulación de chile jalapeño para 400-600 g de producto.....	138
Tabla 11.12. Formulación de chile chipotle para 400-600 g de producto.....	139

---

---

## LISTADO DE FIGURAS

Página

Figura 3.1. Curva característica de un análisis de perfil de textura.....	27
Figura 6.1. Formulación de queso funcional.....	35
Figura 6.2. Evaluación de vida de anaquel.....	36
Figura 6.3. Análisis de producto terminado.....	37
Figura 7.1. Proceso general de elaboración de queso.....	38
Figura 8.1. Valores de dureza para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.....	52
Figura 8.2. Valores de elasticidad para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.....	52
Figura 8.3. Valores de cohesividad para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.....	53
Figura 8.4. Valores de masticabilidad para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.....	53
Figura 8.5. Resumen de la prueba de preferencia de queso blanco.....	55
Figura 8.6. Resumen de la prueba de preferencia de queso con chile jalapeño.....	57
Figura 8.7. Resumen de la prueba de preferencia de queso con chile chipotle.....	59
Figura 8.8. Resumen de la prueba de preferencia de queso con epazote.....	63
Figura 8.9. Variación del pH durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	65
Figura 8.10. Variación del porcentaje de acidez durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	66
Figura 8.11. Variación del porcentaje de humedad durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	67
Figura 8.12. Variación del volumen de sinéresis durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	68
Figura 8.13. Variación de la cuenta de mesófilos aerobios durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	72
Figura 8.14. Variación de la cuenta de coliformes totales durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	73

---



---

Figura 8.15. Variación de las cuentas de hongos y levaduras durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.....	73
Figura 8.16. Nivel de agrado de las diferentes formulaciones y un producto comercial.....	78
Figura 11.1. Proceso de elaboración de queso funcional .....	85
Figura 11.2. Curva de calibración elaborada para la cuantificación de fibra soluble..	87
Figura 11.3. Curvas de TPA para cada formulación de queso con diferente concentración de fibra y un producto comercial.....	88
Figura 11.4. Estructura general de las placas Petrifilm™ .....	90
Figura 11.5. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso blanco.....	94
Figura 11.6. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso con chile jalapeño.....	97
Figura 11.7. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso con chile chipotle.....	101
Figura 11.8. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso con epazote.....	105
Figura 11.9. Curvas de TPA para la evaluación en tres tiempos de queso comercial.....	115
Figura 11.10. Curvas de TPA para la evaluación en tres tiempos de queso blanco.....	115
Figura 11.11. Curvas de TPA para la evaluación en tres tiempos de queso con chile jalapeño.....	116
Figura 11.12. Curvas de TPA para la evaluación en tres tiempos de queso con chile chipotle.....	116
Figura 11.13. Curvas de TPA para la evaluación en tres tiempos de queso comercial.....	117
Figura 11.14. Cuestionario de la prueba comparativa con queso blanco.....	121
Figura 11.15. Cuestionario de la prueba comparativa con queso con chile jalapeño.....	125
Figura 11.16. Cuestionario de la prueba comparativa con queso con chile chipotle.....	129
Figura 11.17. Cuestionario de la prueba comparativa con queso con epazote.....	13

---

---

## 1. RESUMEN

En el presente trabajo se describe el desarrolló de una línea de quesos frescos bajos en grasa con la adición de fibra soluble y probióticos. Estudios previos muestran que la fibra soluble utilizada participa en el control de la diabetes, reduce el estreñimiento y el nivel de colesterol en sangre, ayuda a la absorción de minerales, y favorece el desarrollo de la microbiota intestinal benéfica (efecto prebiótico). Por lo tanto, la adición de probióticos y de un prebiótico a los productos desarrollados los convierten en alimentos funcionales.

Se desarrollaron las siguientes formulaciones de queso: blanco (tipo ranchero), con chile jalapeño en escabeche, con chile chipotle adobado, y con epazote fresco escaldado.

En la primera parte del trabajo, se llevó a cabo el desarrollo de las cuatro formulaciones. Como primer paso, se encontró que agregar la fibra soluble directamente en la leche (antes del cuajado) minimizaba la pérdida de ésta durante la manufactura del producto, asegurando que la mayor parte de la fibra quedara en el producto final.

A continuación, se determinó la cantidad óptima de fibra en el queso aplicando pruebas sensoriales e instrumentales. El resultado obtenido de las primeras mostró que la formulación preferida por los consumidores fue la que tenía una concentración intermedia de fibra; de manera similar, el resultado de las segundas indicaba que la formulación con dicha concentración fue la única que no era significativamente diferente del producto comercial contra el cual se comparó. Por lo tanto se eligió a ésta como la mejor formulación de queso blanco.

El siguiente paso fue el desarrollo de los quesos botaneros, partiendo de la formulación de queso blanco. Se realizaron pruebas sensoriales con consumidores para encontrar la mejor concentración de las preparaciones de chile y de epazote. Todas las pruebas se llevaron a cabo con 100 consumidores, variando la proporción de género y de edad para cada prueba. En el caso del queso con chile jalapeño, hubo preferencia por una concentración intermedia, mientras que en el queso con chile chipotle adobado se prefirió una concentración baja.

Para el caso del queso con epazote, previo a su evaluación se determinó el mejor pretratamiento que permitiera minimizar la carga microbiana presente de manera natural en el epazote, sin afectar sus cualidades sensoriales. Con este objetivo, se probaron diferentes desinfectantes y tratamientos térmicos contra un lote de epazote sin tratamiento (control). Se encontró que el mejor desinfectante era el que tenía ácidos orgánicos como base, y que el mejor tratamiento térmico era una cocción a vapor durante 45 minutos. Al aplicarse las pruebas sensoriales, se encontró que los consumidores prefirieron una concentración baja de este condimento.

En la segunda parte, se evaluó la vida de anaquel de cada una de las formulaciones desarrolladas. Esta determinación se llevó a cabo en dos lotes de cada formulación, de los cuales se tomaron muestras por duplicado cada tercer día. A dichas muestras se les determinó el pH, porcentaje de acidez, porcentaje de humedad, volumen de sinéresis, y parámetros microbiológicos (cuenta de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, presencia de *E. coli* y de *S. aureus*). Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de textura (TPA) de cada lote por duplicado de manera semanal, y los resultados se compararon con los de un producto similar comercial. Se encontró que las formulaciones en tuvieron una vida de anaquel de 15 días en promedio.

En la etapa final, las formulaciones desarrolladas se compararon contra productos comerciales similares. Esta comparación consistió en un análisis sensorial con consumidores y un análisis teórico nutrimental y de costos. Como resultado se encontró que los consumidores prefirieron los productos desarrollados, que contenían menor cantidad de grasa, por encima de los comerciales (los cuales se eligieron por ser los únicos que contenían los mismos condimentos de las formulaciones desarrolladas). El análisis teórico indicó que, aunque el costo de elaboración de los quesos elaborados fue más elevado que el de los comerciales, los primeros presentan un efecto benéfico para la salud del consumidor, además de tener un contenido calórico 5% menor que los comerciales, por lo que se considera que la línea desarrollada tiene potencial de comercialización.

---

---

## 2. INTRODUCCIÓN

En años recientes la sociedad se ha hecho cada vez más consciente de la estrecha relación que existe entre dieta y salud, por lo que además del seguimiento y conocimiento de una dieta correcta, se ha dado importancia a la potencialidad de algunos alimentos que puedan mejorar el bienestar físico y reducir el riesgo de contraer enfermedades. El concepto de “nutrición adecuada” se sustituye por el de “nutrición óptima”, donde se incorporan los alimentos funcionales. (Ramírez y Pérez, 2010).

Los alimentos funcionales se definen como los alimentos y componentes alimentarios que, tomados como parte de la dieta, proporcionan beneficios más allá de los valores nutricionales tradicionales, bien sea mejorando una función del organismo o reduciendo el riesgo de enfermedad (CANILEC, 2011).

Entre estos componentes destacan los probióticos, que se definen como microorganismos viables que cuando se administran en cantidades adecuadas otorgan un beneficio a la salud de su hospedero (WGO, 2008), y los prebióticos, descritos como ingredientes alimentarios no digeribles que llegan al colon y estimulan selectivamente la proliferación y/o actividad de poblaciones de bacterias deseables *in situ*, además de aportar otros beneficios a la salud. Cuando un alimento contiene una combinación de compuestos pre y probióticos, éste se conoce como simbiótico (Abad *et al.*, 2007).

El queso, un alimento consumido en México desde la época de la colonia (Villegas, 2004), ha demostrado tener buen potencial para ser un acarreador de probióticos, al crear un amortiguador contra el ambiente altamente ácido del tracto gastrointestinal, y tener una densa matriz proteica, lo cual permite que un mayor número de probióticos sobrevivan en el organismo. Además, se ha demostrado que la adición de prebióticos a este producto tiene un efecto benéfico sobre los probióticos, sin comprometer las características sensoriales propias de éste (Buriti *et al.*, 2007).

Un inconveniente del consumo de este alimento es que tradicionalmente contiene altos niveles de grasas saturadas, las cuales están asociadas a diversas enfermedades crónicas. Lo anterior ha propiciado que la industria quesera lanzara quesos con un contenido reducido de este macrocomponente, sin embargo lo anterior es difícil de lograr sin comprometer la textura y sabor del mismo (Mistry, 2001).

Para resolver este problema, se ha explorado el uso de diversos sustitutos de grasa, entre los que se encuentran fibras solubles que tienen actividad prebiótica. Sin embargo, éstos sólo resuelven problemas de textura, pero no mejoran significativamente otras propiedades reológicas y organolépticas asociadas a los quesos (Koca y Metin, 2004).

El queso fresco, de alto consumo en México, generalmente tiene un menor contenido de grasa que los quesos madurados (Villegas, 2004). Por lo tanto, elaborar una variedad baja en grasa, incluyendo un sustituto, podría generar un producto con una aceptación similar a su contraparte con un mayor contenido de grasa (Mistry, 2001).

Los quesos botaneros de origen mexicano, son quesos frescos a los que se ha adicionado algún ingrediente adicional para proporcionar un sabor característico al mismo. Entre los ingredientes más utilizados están el chile, el epazote, y otras hierbas de olor (Villegas, 2004).

En el presente trabajo se desarrollaron cuatro formulaciones de queso fresco bajo en grasa, un queso blanco y tres botaneros con diferentes ingredientes (chile jalapeño en escabeche, chile chipotle adobado y epazote). Estos fueron adicionados con una fibra soluble de la cual se ha documentado su actividad prebiótica y su uso como sustituto de grasa (Koca y Metin, 2004). Además, se ha utilizado junto con bacterias probióticas del género *Lactobacillus*. A estos quesos se les determinó su vida de anaquel, y se compararon con productos comerciales para determinar las diferencias a nivel nutrimental, sensorial y de costos.

---

---

## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1 Queso Fresco

#### 3.1.1 Definición

La norma mexicana *NMX-713-COFOCALEC-2005* denomina como queso al *producto elaborado con la cuajada de la leche de vaca o de otras especies animales, fluida o en polvo, adicionada o no de sólidos lácteos, crema y/o grasa butírica, mediante la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles, y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos específicos e ingredientes y aditivos comestibles autorizados, la proporción entre las proteínas de suero y la caseína debe ser igual o menor al de leche. No debe contener grasa y proteínas de origen diferente al de la leche, ni almidones o féculas.*

Esta misma norma define como queso fresco al producto que, cumpliendo con la definición anterior, *no es sometido a un proceso de maduración, presenta un alto contenido de humedad (hasta 80%*m/m*), textura blanda, sabor suave, no presenta corteza, requiere refrigeración para su conservación y se consume preferentemente en los primeros 20 días a partir de su fecha de elaboración.*

#### 3.1.2 Clasificación

La norma oficial *NOM-243-SSA1-2010* divide a los quesos frescos en las siguientes clases:

- Frescales: Panela, Canasto, Sierra, Ranchero, Fresco, Blanco, Enchilado.
- De pasta cocida: Oaxaca, Asadero, Mozzarella, Adobera.
- Acidificados: Cottage, Crema, Doble Crema, Petit Suisse, Nuefchatel.
- Quesos de suero: Broccio, Broccotle, Cerrase, Geitmysost, Gyetost, Mejetle, Mysost, Recuit.

Por otro lado, la norma *NMX-713-COFOCALEC-2005* establece las siguientes categorías de clasificación (aplican para todos los quesos):

- Por origen de la leche: de vaca, de cabra, de oveja, mezcla de las anteriores o leche de otros mamíferos.
- Por tipo de coagulación: ácida (de origen microbiano o químico), enzimática (de origen animal o microbiano), o mixta.
- Por apariencia y propiedades de la pasta: pasta fundible (se derrite a una temperatura mayor a 60 °C), pasta firme o rebanable (se corta sin desmoronarse), pasta friable o desmoronable (se disgrega en pequeñas partes al ser sometido a un esfuerzo mecánico específico), pasta untable (se extiende superficialmente sin acción del calor).
- Por contenido de grasa (expresado como porcentaje de grasa en extracto seco): rico en grasa (superior o igual al 60%), extragrasso (superior o igual a 45% e inferior al 60%), semigrasso (superior o igual al 25% e inferior al 45%), bajo en grasa (superior o igual al 10% e inferior al 25%), sin grasa (inferior al 10%).
- Por contenido de humedad (expresado como porcentaje de humedad sin materia grasa): extraduro (<51%), duro (49-56%), semiduro (54-63%), semiblando (61-69%), blando (>67%).

#### **3.1.2.1 Quesos botaneros**

Se trata de un conjunto de quesos frescos, de pasta blanda, prensada, no cocida y tajable, elaborados con leche cruda o pasteurizada, a los que durante su proceso de elaboración se les incorpora, en pequeñas proporciones, algún otro alimento (jamón, salchicha, nuez, nopal, durazno, etc.) o condimento (epazote, chile, cilantro, etc.). Este producto está concebido para consumirse cortado en pequeñas porciones, a manera de un bocadillo o botana, muy propio para disfrutar en una reunión social. Esta clase de productos son elaborados en gran medida a nivel artesanal, su elaboración a nivel industrial es mínima y limitada a pequeñas y microempresas (Villegas, 2004).

---

---

### 3.1.3 Proceso general de elaboración

De forma general, el queso se produce por coagulación de las proteínas de la leche, a partir de cultivos lácticos y/o cuajo. Este proceso se puede favorecer añadiendo enzimas, acidificando y/o calentando. A continuación se sala, moldea, prensa y, para los quesos madurados, se siembra con cultivos fúngicos o bacterianos. En algunos casos también se le añaden colorantes, especias u otros alimentos no lácteos (CAR/PL, 2002).

Varios autores (Bello *et al.*, 2004; CAR/PL, 2002; Galván, 2005; Villegas, 2004) señalan las siguientes operaciones generales para la elaboración de dicho producto:

1. **Recepción de la materia prima:** Se debe de asegurar la calidad de todos los ingredientes y aditivos a utilizar, así como la calidad de la leche.
2. **Estandarización:** Se emplea para acondicionar las características físicas, químicas y biológicas (filtración, clarificación, normalización) de la leche, de acuerdo al producto final que se quiere obtener.
3. **Pasteurización:** Se lleva a cabo para reducir la carga microbiana presente en la leche de manera natural, además de destruir a todas las bacterias patógenas presentes, y de inhibir enzimas que pueden ocasionar problemas de calidad en el producto terminado, como las lipasas. La técnica empleada generalmente para quesos es la conocida como HTST (del ingles *High Temperature Short Time*, que significa *Temperatura Alta, Tiempo Corto*), en la cuál la leche se calienta a 72-73 °C durante 15 a 20 s. Al término de ésta, la leche normalmente se enfría a 32-40 °C, dependiendo del tipo de queso.
4. **Adición de cloruro de calcio:** Es importante para restituir el equilibrio de iones  $\text{Ca}^{2+}$  que se insolubilizan de las micelas de caseína como resultado de la pasteurización. Regularmente se adiciona en solución.

5. **Ajuste de la acidez:** La acidez final en la leche depende del tipo de queso que se vaya a elaborar. Puede darse mediante la adición de un ácido orgánico, de un cultivo microbiano (BAL), o por la acción de ambos.
  
6. **Coagulación o cuajado:** Se basa en provocar la alteración de la caseína y su precipitación, dando lugar a una masa gelatinosa que atrapa a la mayoría de los componentes insolubles de la leche. La naturaleza del gel que se forma al coagular la caseína influye poderosamente sobre las siguientes operaciones en el proceso. Puede realizarse por acción de enzimas (renina o quimosina), ácidos orgánicos (láctico o acético), o una mezcla de éstos, dependiendo del tipo de queso. Ambos agentes provocan la agregación de las caseínas de la leche, creando una red que atrapa a los glóbulos de grasa y al suero de leche (lactosuero). El agregado caseína-grasa-suero se conoce como *cuajada*.
  
7. **Corte de la cuajada:** Es necesario para favorecer la salida del lactosuero. Las condiciones en que se efectúa influyen sobre el producto final obtenido, por lo que según el tipo de queso, el corte de la cuajada puede ser mayor o menor (mientras mayor sea, más duro será el queso).
  
8. **Cocción y agitación de la cuajada:** La cocción de los trozos de cuajada es necesaria para continuar el desuerado iniciado por la operación anterior, mientras que la agitación se emplea para evitar la aglomeración y sedimentación de los mismos.
  
9. **Desuerado:** Se realiza para crear las condiciones de compactación de la pasta. Puede llevarse a cabo en diferentes etapas según el tipo de queso. En algunos tipos de cuajadas muy acidificadas y desmineralizadas se realiza la separación del lactosuero por centrifugación.

10. **Salado:** Es uno de los factores que más influyen en darle al queso el sabor deseado. Además, interviene en la regulación del contenido de suero y de la acidez. La sal hace que la pasta del queso se haga más suave, asegura su conservación (junto con el valor de pH), inhibe la germinación de los microorganismos causantes del hinchamiento y estimula el desarrollo de la microbiota de maduración del queso. Las técnicas de salado más empleadas son salado en masa (adición de sal a la cuajada desuerada), salado en suero (adición de sal durante la agitación de los granos), salado en superficie (adición de sal en la superficie del producto), y salado en salmuera (adición de sal por inmersión de las piezas en salmuera).
  
11. **Moldeado:** Tiene por objeto lograr que los trozos de cuajada se unan y formen piezas grandes de pasta. La técnica del moldeado depende del tipo de prensado que se va a efectuar, así, se tiene el moldeado para autoprensado del queso (en canastillas o coladeras) y moldeado para prensado mecánico del queso (en moldes de diversas formas).
  
12. **Prensado:** Se aplica para favorecer la expulsión del suero intergranular de la cuajada y dar al queso su forma definitiva, además de proporcionar una mayor consistencia al producto final. La intensidad de la presión ejercida variará en función del tipo de queso. Puede realizarse tanto por la presión que ejerce el peso de los mismos quesos (autoprensado) como aplicando una fuerza adicional. Se debe realizar a bajas temperaturas (<10 °C) para evitar que la grasa del queso salga junto con el lactosuero. Al término de esta etapa, las piezas se desmoldan.
  
13. **Oreado:** Su finalidad es eliminar el agua superficial de las piezas, cuya concentración es distinta en diversas partes de la pasta, para disminuir la humedad final de la misma.

14. **Empacado:** Permite la conservación de los quesos y los hace más fácil de manejar para su transporte y comercialización. Regularmente se lleva a cabo cubriendo las piezas con una película plástica (polietileno de baja densidad) o papel encerado, para prevenir una pérdida excesiva de agua y proteger la superficie de contaminación. Actualmente existen algunos quesos empacados al vacío, lo que conserva sus características organolépticas por mayor tiempo.

15. **Almacenamiento:** Se debe de llevar a cabo a temperatura de refrigeración para optimizar la conservación del producto.

### 3.1.4 Calidad

La calidad de queso puede definirse como las características que definen el grado de aceptación de éste por parte del consumidor. En ésta se hallan relacionados múltiples factores, desde la calidad genética del ganado lechero hasta las prácticas corrientes de la ordeña y la cultura productiva en las queserías, pasando por aspectos más finos como los procesos de manufactura (Santos, 2007). Es decir, la calidad del producto refleja la calidad de la leche del cual procede, así como del proceso empleado para su elaboración. Considerando lo anterior, los criterios generales de calidad en los quesos se clasifican en los siguientes grupos:

- **Químicos:** proteólisis primaria, proteólisis secundaria, concentración de compuestos volátiles (ácidos orgánicos, ácidos grasos libres, alcoholes, etc.).
- **Físicos:** fracturabilidad, elasticidad, apariencia, color, textura visual, ojos (en los quesos que los presenten), propiedades de cocción (para quesos que funden).
- **Sensoriales:** sabor, aroma, textura táctil, forma, color, textura bucal.
- **Composicionales/Nutricionales:** contenido de grasa, de proteínas, de sodio, de humedad, valor calórico total, presencia de probióticos (en productos funcionales), contenido de calcio y otros minerales.
- **Sanitarios:** ausencia de patógenos, cuenta total de microorganismos indicadores (mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras).

La combinación específica de estos criterios depende del tipo de queso. Por ejemplo, la presencia uniforme de venas azules, el sabor acentuado de metil-cetonas y una textura desmoronable son atributos de calidad importantes para los consumidores de queso Stilton. En contraste, un sabor plano, elasticidad, y brillo superficial son fundamentales para los consumidores de queso Mozzarella (Law y Tamime, 2010).

#### 3.1.4.1 Parámetros de calidad para quesos mexicanos

La norma oficial mexicana *NOM-243-SSA1-2010*, que marca las especificaciones sanitarias para leche y productos lácteos, indica los siguientes límites máximos de contenido microbiano para los quesos:

Tabla 3.1. Límite máximo de microorganismos permitidos en queso

Microorganismo	Límite
Coliformes totales (NMP/g)	100
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	1000
Hongos y Levaduras (UFC/g)	500
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	100
<i>Salmonella spp</i> en 25 g	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i> en 25 g	Ausente
<i>Listeria monocytogenes</i> en 25 g	Negativo
Toxina botulínica	Negativa

La norma *NMX-713-COFOCALEC-2005*, por otro lado, marca las siguientes especificaciones fisicoquímicas para los quesos mexicanos:

Tabla 3.2. Especificaciones fisicoquímicas para queso

Parámetro	Especificación
Proteína %m/m	10.0 mín.
Grasa %m/m	2.0 mín.
Humedad %m/m	80.0 máx.

### 3.1.5 Deterioro

El deterioro del queso, y por lo mismo su vida de anaquel, depende tanto de su contenido microbiano como de los procesos fisicoquímicos que ocurren durante su procesamiento y almacenamiento. Los principales fenómenos responsables de su deterioro se pueden clasificar dentro de alguno de los siguientes grupos:

- **Deterioro microbiano.** Por su proceso de elaboración y su composición final, los quesos son productos vulnerables al desarrollo de un gran número de microorganismos, cuya presencia, además de comprometer la seguridad alimentaria, causa cambios negativos en las características organolépticas del producto, generando sabores, aromas, colores y textura indeseables. Debido a lo anterior, el control sanitario durante el procesamiento, empaqueo y almacenamiento es sumamente importante para garantizar la calidad del producto final.
- **Deterioro oxidativo.** Generalmente no es un problema en los quesos frescos ya que la actividad microbiana es el limitante de su vida de anaquel. Sin embargo, un empaqueo inadecuado puede causar una ligera oxidación por luz, que trae como consecuencia sabores anormales.
- **Deterioro enzimático.** La proteólisis y lipólisis son fenómenos que ocurren en el transcurso del almacenamiento de queso por acción de las enzimas que permanecen en el producto al final de su manufactura, o las que secretan los microorganismos (deseables o indeseables) presentes en el mismo. Para los quesos frescos, en el caso del primer fenómeno, éste afecta la textura negativamente, provocando una pérdida gradual de la dureza y un aumento de la fracturabilidad con el paso del tiempo, además de que los péptidos pueden provocar un sabor amargo en algunos quesos. Para el segundo, la degradación de los triacilglicérols presentes trae consigo un cambio marcado en el sabor que puede llegar a crear notas rancias. En ambos fenómenos, es importante el control del producto para impedir que los cambios indeseables lleguen a darse.

- 
- 
- **Sinéresis.** Es un fenómeno muy complejo que involucra una reacomodación de la matriz proteínica causando una compactación de la misma causante de una expulsión gradual del suero contenido dentro de dicha matriz. Ocurre principalmente en quesos frescos, por su alto contenido de humedad, provocando que su textura y sabor cambien negativamente. La acidez inicial de la leche, el contenido de grasa de la misma, la temperatura de cuajado, el tamaño del corte de la cuaja, y la presión ejercida durante el prensado son algunos de los factores que afectan la sinéresis del producto terminado, por lo que su control puede ayudar a minimizar la misma.

(Skibsted *et al*, 2010)

### 3.1.6 Valor nutrimental

El queso es un alimento con un contenido importante de nutrimentos, cuya composición está determinada por un gran número de parámetros, que incluyen el tipo de leche utilizada (especie, raza, etapa de lactancia) y los procesos de manufactura y maduración. En general, el queso es rico en grasa y caseína propias de la leche, las cuales se retienen en la cuajada durante la manufactura, y contiene una cantidad mínima de componentes solubles en agua (proteínas de suero, lactosa y vitaminas hidrosolubles) (Walstra *et al.*, 2006).

En el caso de la grasa, ésta contribuye significativamente al contenido calórico del queso, pudiendo llegar a ser hasta un 40% del total en una pieza. Además, al ser únicamente de origen animal, un 66% de los ácidos grasos son saturados, 30% monoinsaturados y 4% poliinsaturados. El contenido de colesterol varía de 10 a 100 mg/100 g de producto, dependiendo de la variedad.

Debido a los cambios en los hábitos alimentarios de la población occidental en los últimos 20 años, se ha buscado disminuir el contenido de grasa presente en el queso para hacerlo más atractivo a los consumidores; sin embargo, la grasa tiene un papel importante en sus características sensoriales, especialmente en los productos madurados, por lo que en la actualidad se están desarrollando tecnologías y cambios a las formulaciones tradicionales para poder minimizar los efectos negativos asociados con la reducción de este nutrimento (Law y Tamime, 2010).

De manera general, la concentración de proteína en el queso varía de 3% a 40%, dependiendo de la variedad. Estas proteínas son en su mayoría caseínas, ya que las demás se pierden en el lactosuero. Como la caseína es ligeramente deficiente en aminoácidos sulfurados, tiene un valor biológico ligeramente menor al de las proteínas de la leche. Por comparación, si se asignara un valor de 100 al índice de aminoácidos esenciales de las proteínas de la leche, las del queso tendrían un valor de 91 - 97. La maduración del queso normalmente incluye la proteólisis progresiva de las caseínas por una serie de enzimas, lo que da como producto péptidos solubles e insolubles en agua, además de aminoácidos. Este proceso, además de contribuir al sabor y textura del producto final, incrementa la digestibilidad de las proteínas del queso hasta en un 100% (Law y Tamime, 2010).

Existe una cantidad mínima de lactosa en el queso, la cual es consumida casi en su totalidad por los microorganismos de los quesos madurados, por lo que éste puede ser consumido con seguridad por personas con intolerancia a este carbohidrato (Law y Tamime, 2010).

El queso también es una fuente importante de varios nutrimentos inorgánicos, incluyendo al calcio, fósforo y magnesio. En el caso del calcio, su biodisponibilidad es la misma que la de la leche, y su concentración en el producto final puede llegar a ser de hasta 800 mg por cada 100 g del mismo (Law y Tamime, 2010).

#### **3.1.7 Producción y consumo en México**

En México, el queso se ha elaborado desde tiempos de la Colonia, cuando los conquistadores españoles trajeron a la Nueva España los primeros rebaños de cabras y ovejas, y luego ejemplares de ganado criollo. En poco tiempo se desarrollaron zonas de fuerte actividad ganadera, tal como la de Los Altos de Jalisco, que desde antaño ha estado vinculada a la actividad productora del queso.

Actualmente, la elaboración de queso está fuertemente relacionada con la producción primaria, coexistiendo tres grandes sistemas lecheros: el intensivo, el de traspatio (ganadería familiar) y el de doble propósito (carne/leche) en los trópicos. Los tres sistemas de explotación canalizan leche a la elaboración de queso, pero difieren en la cantidad y tratamiento de ésta (Villegas, 2004).

El mercado nacional de quesos está conformado por dos distintos grupos de variedades. El primer grupo (y mucho más grande) está integrado por quesos producidos nacionalmente y el segundo formado por los quesos importados con diferentes usos y características. Los quesos importados se dividen en dos categorías, la categoría de quesos para uso industrial y la categoría de quesos Premium. Algunos ejemplos de estos son:

- Quesos Premium
  - Quesos duros y semiduros
  - Queso fresco Queso Egmont
  - Pasta blanda
  - Pasta dura
  - Pasta azul
  - Petit-suisse
- Quesos industriales
  - Queso tipo rallado
  - Queso fundido

(Aguilar, 2010)

Los quesos nacionales son en su mayoría artesanales y de difusión regional, sin embargo su producción todavía existe una gran brecha económica entre las empresas pequeñas y las grandes, la cual ocasiona que las primeras sufran de un gran número de limitaciones que impactan la calidad de sus productos de manera negativa (Aguilar, 2010).

Considerando estimaciones basadas en datos del INEGI del año 2002 se puede decir que el consumo per cápita de quesos en México aumento de 1.50 kg. En 1998 hasta alcanzar 2 kg. en 2002 (Galván, 2005). Esta tendencia ha seguido con el transcurso de los años, como se puede observar en la tabla siguiente (Aguilar, 2010):

Tabla 3.3. Consumo de quesos en México durante el periodo '02-'06

Año	Consumo de quesos en México (miles de toneladas)
2002	210
2003	204
2004	214
2005	230
2006	229

Fuente: Dairy World Markets and Trade/FAS/USDA

De manera general, el consumidor mexicano prefiere quesos frescos, principalmente las variedades Panela y Oaxaca, sobre los madurados, como el Chihuahua o el Manchego, que son de consumo selectivo (Galván, 2005).

## 3.2 Alimentos funcionales

### 3.2.1 Definición

Los alimentos funcionales se definen como “los alimentos y componentes alimentarios que, tomados como parte de la dieta, proporcionan beneficios más allá de los valores nutricionales tradicionales, bien sea mejorando una función del organismo o reduciendo el riesgo de enfermedad” (Labrecque *et al.*, 2006).

### 3.2.2 Componentes funcionales

Los beneficios a la salud asociados con los alimentos funcionales se deben regularmente a uno o más de los componentes del mismo. Estos pueden encontrarse de manera natural en el alimento, o ser adicionados como un ingrediente funcional. Los principales componentes funcionales, cuyos efectos están bien documentados son los siguientes:

- **Probióticos.** Según la WGO (2008) son “*microorganismos vivos que ejercen una acción benéfica sobre la salud del huésped al ser administrados en cantidades adecuadas*”. Algunos de los efectos benéficos documentados de esos son: la síntesis y secreción de enzimas digestivas importantes ( $\beta$ -

galactosidasa), la producción de metabolitos, protección contra perturbaciones en el tracto gastrointestinal, reducción de niveles de colesterol, estimulación del sistema inmune, incremento del movimiento peristáltico del colon, reducción de la adherencia y colonización de las bacterias patógenas en el intestino, mantenimiento continuo de la mucosa intestinal, y actividad antialérgica.

- **Prebióticos.** Son sustancias fermentables que tienen un efecto benéfico sobre la microbiota intestinal. Incluyen oligo y polisacáridos.
- **Carotenoides.** Tienen actividad antioxidante y anticancerígena. Incluyen el  $\beta$ -caroteno, licopeno y luteína.
- **Fibra dietética.** Reduce el riesgo de cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares. Evita el estreñimiento. Se encuentran en la cáscara de los cereales y vegetales.
- **Ácidos grasos.** Tienen diversos efectos benéficos sobre la salud, especialmente la reducción de enfermedades cardiovasculares. Incluyen los ácidos grasos  $\Omega$ -3 y  $\Omega$ -6, y el ácido linoléico conjugado.
- **Flavonoides.** Tienen actividad antioxidante. Incluyen las catequinas y flavonas.
- **Péptidos bioactivos.** Se obtienen a partir de la fracción proteínica de la leche mediante “activación” enzimática. Tienen funciones antimicrobianas, inmunomodulatorias, antitrombóticas, antihipertensivas (inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina), acarreadores de minerales y opioides.
- **Esteroles vegetales.** Reducen los niveles de colesterol sanguíneo.
- **Fitoestrógenos.** Previenen el cáncer y enfermedades cardiovasculares.
- **Polifenoles.** Previenen el cáncer por su actividad antioxidante.
- **Simbióticos.** Mezcla de probióticos y prebióticos destinada a aumentar la supervivencia de las bacterias que promueven la salud con el fin de beneficiar a la microbiota intestinal.

(Ramírez y Pérez, 2010)

---

---

### 3.2.3 Desarrollo

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos que, además del valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano.

Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los alimentos funcionales (Flogiano y Vitaglione, 2005). El crecimiento de la demanda de estos productos se debe principalmente a:

- Nueva investigación que relaciona la dieta con la prevención de enfermedades crónicas
- Mayor énfasis en salud preventiva
- Cambios en la regulación legal
- Incremento exponencial en costos de salud
- Progresos en ciencia y tecnología de alimentos

De manera general, el desarrollo de estos nuevos productos se lleva a cabo siguiendo alguna de las siguientes estrategias (Flogiano y Vitaglione, 2005):

#### A. Modificación de la materia prima

El contenido macro y micro nutricional de cualquier materia prima, animal o vegetal, puede ser influenciada por un gran número de parámetros variables; por ejemplo, la variación en la dieta de gallinas para la producción de huevo enriquecido con  $\Omega$ -3 o la modificación genética para generar arroz con provitamina A.

#### B. Modificación de proceso

Es posible diseñar procesos específicos para permitir o incrementar la formación de compuestos con actividad biológica específica; un ejemplo de este tipo de procesos es la fermentación, en la que la acción de microorganismos en el alimento genera compuestos que no se encuentran de manera natural en el mismo.

---

---

### C. Modificación de formulación

Añadir un ingrediente funcional a una matriz alimenticia tradicional es la manera más simple y común de elaborar un alimento funcional. Sin embargo, esta adición tiene que tomar en cuenta muchas variables, como la interacción entre el ingrediente y los componentes de la matriz, la estabilidad durante el procesamiento del alimento, y la biodisponibilidad en el producto final.

### 3.3. Prebióticos

Son ingredientes alimenticios no digeribles de los alimentos que afectan de manera positiva al huésped, estimulando de forma selectiva el crecimiento y/o la actividad metabólica de un número limitado de cepas de bacterias colónicas (Hamaker, 2008). Para que un ingrediente alimenticio sea considerado prebiótico, debe de cumplir con los siguientes criterios:

- 1) No ser hidrolizado o absorbido en la parte superior del tracto gastrointestinal
- 2) Ser fermentado selectivamente por un número limitado de bacterias potencialmente benéficas del colon.
- 3) Ser capaz de alterar la microbiota colónica tornándola saludable, por ejemplo reduciendo el número de organismos putrefactivos e incrementado las especies sacarolíticas (Abad *et al.*, 2007).

La mayoría de los prebióticos son hidratos de carbono de cadena corta con un grado de polimerización de 2 ó más (oligosacáridos), los cuales no son susceptibles a la digestión por las enzimas pancreáticas y las enzimas del borde de cepillo. Por esta resistencia a ser digeridos, los prebióticos también se pueden considerar como fibra dietética (Hamaker, 2008).

En la actualidad, los oligosacáridos más estudiados y reconocidos con actividad prebiótica son los fructanos. Este es un término genérico empleado para describir a todos los oligo o polisacáridos de origen vegetal, y se refiere a cualquier carbohidrato en el cual una o más uniones fructosil-fructosa predominan dentro de las uniones glucosídicas. Los principales fructanos que cumplen con los criterios de ser prebióticos se describen brevemente a continuación:

- **Inulina.** Es un fructano polidisperso que consiste en una mezcla de oligómeros y polímeros mayores formados por uniones  $\beta$ -(2-1) fructosil-fructosa. Posee un sabor neutral suave, es moderadamente soluble en agua y otorga cuerpo y palatabilidad. Tiene diversas aplicaciones en la industria de alimentos, puede ser utilizado como sustituto del azúcar, reemplazante de las grasas, agente texturizante y/o estabilizador de espuma y emulsiones. Por este motivo, puede ser incorporado a los productos lácteos, fermentados, jaleas, postres aireados, mousses, helados y productos de panadería (Hamaker, 2008).
- **Oligofructosa.** Se obtiene mediante la hidrólisis enzimática parcial de la inulina. Es mucho más soluble que ésta y moderadamente dulce, aproximadamente del dulzor del azúcar. En combinación con edulcorantes intensos genera un gusto frutal más duradero con menor sabor residual. En la industria se puede utilizar en yogures con fruta, leches fermentadas, quesos frescos, helados y bebidas lácteas. También mejora la textura y la palatabilidad del producto final, muestra propiedades humectantes, reduce la actividad acuosa y cambia los puntos de ebullición y congelamiento (Toyama, 2010).
- **Polidextrosa.** Es un polímero sintético de glucosa con terminales de sorbitol y ácido cítrico. Se caracteriza por ser un excelente agente de cuerpo, siendo un sustituto del azúcar y grasas. Su capacidad de retener agua propicia una textura similar a la de la harina. En aplicaciones como galletas controla la formación de gluten, por absorber agua preferentemente. Esto reduce la necesidad del agregado de grasas por lo cual es ideal para la elaboración de amasados (Toyama, 2010).
- **Sustancias pécticas.** Son macromoléculas coloidales capaces de absorber gran cantidad de agua y se encuentran formadas esencialmente por moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces  $\alpha$  (1 - 4). La industria alimentaria utiliza estas sustancias como espesantes, ya que incorporan en su estructura agua otorgando a la preparación una consistencia homogénea que posibilita la sustitución de grasas en lácteos (Hamaker, 2008).

En seres humanos, se ha demostrado que los prebióticos tienen un efecto benéfico en la fisiología y función del intestino mediante la fortificación de los números y actividades metabólicas de bacterias presentes en la microbiota del mismo. Además, resultados obtenidos de modelos animales indican que, al fortificar la microbiota intestinal, los prebióticos pueden mejorar los mecanismos de defensa del huésped, incrementar la resistencia a posibles enfermedades, y acelerar la recuperación de las perturbaciones del tracto gastrointestinal (Hamaker, 2008).

Sin embargo, un consumo excesivo de estos provocan dolor y distensión abdominal así como flatulencias y diarrea. Estos síntomas son secundarios al efecto osmótico y a la fermentación en la luz intestinal del colon y/o intestino delgado. Es por esto que su consumo diario debe ser menor a 20 g; de ahí que algunos autores propongan como dosis efectivas en adultos de 5 a 15 g de prebióticos al día (Toyama, 2010).

#### **3.4 Vida útil de un alimento**

##### **3.4.1 Definición**

Un alimento es un sistema fisicoquímico y biológico activo, por lo que la calidad del mismo es un estado dinámico que se mueve hacia niveles más bajos respecto al avance del tiempo. Existe un tiempo determinado, después de haber sido producido, en que el producto mantiene un nivel requerido de sus propiedades sensoriales y de seguridad sanitaria, bajo ciertas condiciones de almacenamiento. Este constituye el período de vida útil o de anaquel del alimento (García y Molina, 2008).

La vida útil de un producto depende de factores ambientales, de la humedad, de la temperatura de exposición, del proceso térmico al que se somete y de la calidad de las materias primas, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que evitan su venta: cambios de sabor, color, textura o pérdida de nutrimentos. El final de la vida útil de un producto se alcanza cuando ya no mantiene las cualidades requeridas para que el consumidor final lo consuma.

---

---

### 3.4.2 Marco legal

La norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010 distingue dos leyendas a declarar en las etiquetas de los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados para indicar la vida útil de estos:

- **Fecha de caducidad.** Fecha límite en que se considera que las características sanitarias y de calidad que debe reunir para su consumo un producto preenvasado, almacenado en las condiciones sugeridas por el responsable del producto, se reducen o eliminan de tal manera que después de esta fecha no debe comercializarse ni consumirse.
- **Fecha de consumo preferente.** Fecha en que, bajo determinadas condiciones de almacenamiento, expira el periodo durante el cual el producto preenvasado es comercializable y mantiene las cualidades específicas que se le atribuyen tácita o explícitamente, pero después de la cual el producto preenvasado puede ser consumido.

Se puede apreciar que, mientras la definición de vida de anaquel se refiere al periodo de tiempo en que un alimento puede consumirse de manera segura y mantiene sus propiedades organolépticas características, las definiciones legales únicamente marcan una fecha límite de consumo, sin indicar cuantos días pasaron entre la elaboración del mismo y este día.

La norma también señala que el fabricante debe declarar en las etiquetas tanto la fecha de caducidad como la de consumo preferente (según aplique para el alimento), y debe indicar el mes y el día para productos de una duración de hasta tres meses, y el mes y el año para los de mayor duración. Asimismo, si el producto necesita condiciones específicas para su conservación, de la que depende su vida útil, también deben declararse en la etiqueta.

Por otra parte, la norma dicta que productos como la sal, azúcar, vinagre, confitería (cualquier producto que consista en azúcares aromatizados y/o coloreados) y goma de mascar no requieren llevar etiquetada la fecha de caducidad o de consumo preferente.

---

---

### **3.4.3 Evaluación**

Para determinar la vida útil de un alimento o producto, primero deben identificarse las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y seguridad sanitaria del mismo, considerando la composición del alimento y el proceso a que es sometido y se procede a establecer las reacciones más críticas que influyen en su calidad (Labuza, 2000).

El tiempo de vida útil se puede estimar mediante varios métodos: tomando valores reportados en la literatura especializada de alimentos similares y bajo condiciones similares al producto de interés; monitoreando las quejas de los consumidores para orientar los posibles valores de vida útil; evaluando experimentalmente atributos de calidad del alimento que varían durante la vida útil en anaquel o empleando pruebas aceleradas (García y Molina, 2008) .

Los ensayos en anaquel ofrecen excelentes datos, pero presentan, en algunos casos, el inconveniente del tiempo prolongado para su adquisición. Entre las consecuencias están que el dato obtenido es puntual y se obtiene en un lapso que puede no ser práctico para la empresa, como en el caso del lanzamiento de nuevos productos (García y Molina, 2008) .

Los estudios de vida útil acelerados, consisten en incubar el alimento bajo condiciones controladas y a diferentes temperaturas; éstas deben ser mayores a las de almacenamiento y las de comercialización para permitir que las reacciones de deterioro se aceleren y se obtengan valores en períodos más cortos (García y Molina, 2008) .

Las pruebas de laboratorio simulan las condiciones reales, pero existen variables como las condiciones de transporte, cambios de presión, fluctuaciones de temperatura, entre otras, que son difíciles de duplicar. Por lo tanto, los resultados obtenidos son estimaciones de la vida útil del alimento (Man, 2004).

#### **3.4.3.1 Evaluación en queso**

En el caso de los quesos, si bien el método de evaluación varía según el tipo, existen parámetros que limitan la calidad de los productos. Entre estos se encuentran:

- Propiedades organolépticas
- Acidez (expresada como porcentaje de ácido láctico) y pH
- Porcentaje de humedad y volumen de sinéresis (para productos frescos)
- Contenido de proteína y de grasa
- Rancidez
- Parámetros microbiológicos
  - Coliformes fecales
  - Hongos y Levaduras
  - *Salmonella* spp
  - *Staphylococcus aureus*
  - *Vibrio cholerae*
  - *Listeria monocytogenes*

(Bello *et al.*, 2004)

### **3.5 Textura de los alimentos**

La palabra textura deriva del latín *textura*, que significa tejido, y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos (Foegeding & Drake, 2007).

Hoy en día se define textura de un alimento como “todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos” (ISO 5492).

La textura juega un papel importante en la apreciación que hacemos del alimento y a menudo constituye un criterio por el cual se juzga su calidad. Es una cualidad sensorial especialmente importante en los productos vegetales, ya que una textura firme se considera un índice de frescura y un factor determinante en su aceptabilidad (Heymann & Lawless, 2010).

La apariencia es la primera etapa de la percepción de la textura; características tales como color, tamaño y forma, así como aspectos de estructura, se adelantan a la interacción física con el alimento. Incluso antes de que el alimento esté en la boca, se obtiene una determinada información sobre la textura de los alimentos a partir de estímulos visuales, táctiles e incluso auditivos. La percepción inicial de la boca (sin morder), se percibe a velocidad baja de deformación (Bourne, 2002).

En las primeras masticaciones se rompe la mayor parte de la estructura, los materiales quebradizos se fracturan, los materiales fibrosos se desgarran, y el alimento es mezclado y amasado formando el bolo alimenticio. Es durante el ciclo de masticación que se perciben una gran variedad de características, de composición física, de deformación y de rotura (Bourne, 2002).

Los esfuerzos por medir todos estos atributos de textura de una forma objetiva y acercándose a una normalización han dado lugar a algunas técnicas instrumentales de medida de textura. Scott-Blair (1958) clasifica las técnicas instrumentales de medición de la textura en:

1. Ensayos fundamentales
  - a. Miden propiedades reológicas fundamentales, tales como viscosidad y módulo elástico.
  - b. Desde el punto de vista práctico presentan poco interés, ya que solamente pueden ser útiles para definir o caracterizar sistemas, sus relaciones con la estructura y proporcionan las bases para el desarrollo de ensayos empíricos o imitativos.
2. Ensayos empíricos,
  - a. Son los más utilizados en la industria, principalmente debido a su rapidez y sencillez, además de que ofrecen mejores correlaciones con la evaluación sensorial que las pruebas fundamentales.
  - b. Los resultados obtenidos son válidos solamente para ese instrumento, y no pueden extrapolarse a otro sistema de medida.
3. Ensayos imitativos,
  - a. Se desarrollan bajo condiciones que simulan las que se utilizan en la práctica.
  - b. Se realizan con instrumentos que están equipados para proporcionar medidas de esfuerzo y/o deformación durante la secuencia de ensayo.
  - c. Un ejemplo de estos es el Análisis de Perfil de Textura (TPA - Textura Profile Análisis), que se realiza empleando un texturómetro (Rosenthal, 1999).

### 3.5.1 Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura está basado en el reconocimiento de la textura como una propiedad multiparamétrica y en el análisis de algunas de sus características. La evaluación de la textura se ha desarrollado en dos direcciones principales: el análisis sensorial con los métodos de perfil sensorial, y el análisis instrumental con el perfil de textura (Roudot, 2004).

En el caso del perfil sensorial, éste emplea panelistas entrenados extensivamente que evalúan los distintos atributos de textura y les asignan un valor numérico con base en escalas estandarizadas que emplean productos alimenticios específicos para marcar los extremos de las mismas. Una desventaja de este método es que resulta difícil de estandarizar, además de los costos elevados que involucran el entrenamiento del panel.

El perfil de textura está basado en una prueba de fuerza-compresión donde una pieza del alimento, del tamaño de una mordida, es sometida a dos deformaciones sucesivas (compresión-descompresión) imitando la primera y segunda mordida sobre el alimento, a una velocidad específica con un nivel particular de deformación.

El instrumento para llevar a cabo esta prueba es el texturómetro, desarrollado por la General Foods Corporation en la década de los sesenta. Las medidas de fuerza, deformación y trabajo (área bajo la curva de fuerza-deformación) son empleadas para calcular los diversos parámetros asociados con este análisis. (Foegeding y Drake, 2007).

Las definiciones de los parámetros que se evalúan tanto sensorial como instrumentalmente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.4. Definición sensorial e instrumental de los parámetros del TPA

Parámetro	Definición Sensorial	Definición instrumental
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares. Se evalúa en la mordida inicial de un alimento	La fuerza máxima lograda en el primer ciclo de compresión. Se mide en unidades de fuerza (N, lb)
Fracturabilidad	La fuerza a la que el material se fractura	Es la fuerza en el primer quiebre significativo de la curva

### 3. Marco Teórico

Cohesividad	Capacidad de un alimento para fragmentarse en la boca y percibirse como partícula	Se define como la relación del área positiva de la segunda compresión entre el área positiva de la primera compresión
Elasticidad	El grado en que la muestra, una vez que se deforma, es capaz de recuperar su condición inicial no deformada cuando las fuerzas de deformación son retiradas	Se define como la altura que recupera el alimento durante el tiempo que transcurre entre la primera y la segunda compresión
Masticabilidad	La energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que esta listo para ser tragado	Se define como el producto de Dureza x Cohesividad x Elasticidad
Gomosidad	La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que este listo para ser tragado	Se define como el producto de Dureza x Cohesividad

Un ejemplo de una curva obtenida por un texturómetro se muestra a continuación:

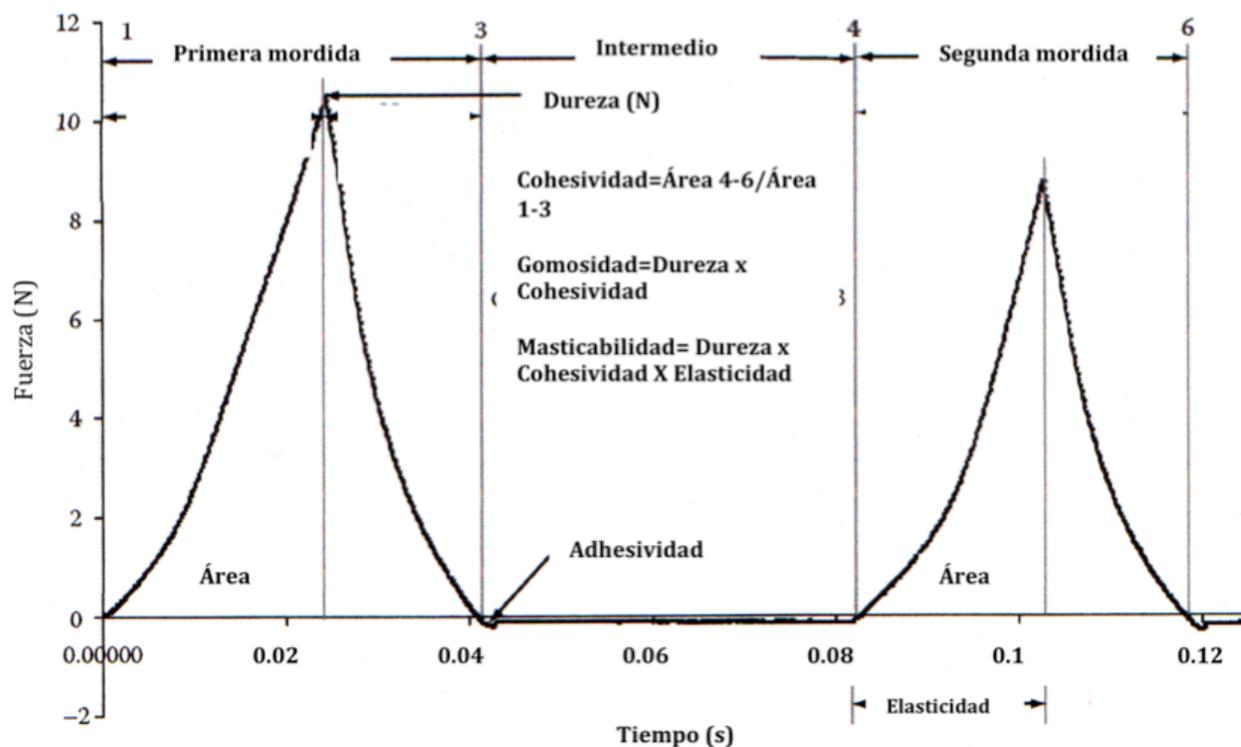


Figura 3.1. Curva característica de un análisis de perfil de textura (Roudot, 2004).

---

---

### 3.5.2 Textura del queso

La textura es uno de los atributos principales de calidad en el queso, debido a que es evaluada antes que su aroma o sabor, y está directamente relacionada con la microestructura del mismo, por lo que su estudio es importante para el control de la calidad de este alimento (Mehmet y Sundaram, 2003).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado por la caseína integrada en una matriz caseinato – fosfato cálcico, el cual por coagulación engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas, y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanecen atrapadas en el sistema o se mantienen retenidas en la fase acuosa (Farkye *et al.*, 1995).

Durante la manufactura del queso existen muchos factores que afectan la textura del producto final. Estos incluyen aquéllos que afectan contenido final de humedad de la cuajada, la acidez y el pH. Altas temperaturas de cocción de la cuajada causan que el producto final tenga una consistencia muy elástica, como en el queso Emmental. La leche que tiene un pH bajo en el momento de la adición de la enzima da como resultado un queso muy duro y desmoronable (Mehmet y Sundaram, 2003).

El contenido de humedad, sal y calcio en el queso pueden alterar el efecto del pH en la textura del queso. Por ejemplo, quesos con un alto contenido de humedad son menos firmes que los que tienen un bajo contenido de ésta, con valores fijos de sal y pH. Esto se atribuye al incremento en la proporción caseína-humedad (Mehmet y Sundaram, 2003).

Otro factor que la afecta es el contenido de grasa del queso, ya que se ha encontrado que la textura de productos con un contenido mayor de grasa tiene mayor aceptación que la de aquéllos con un contenido menor. Una teoría para explicar lo anterior menciona que una baja concentración de lípidos puede asociarse con una matriz proteica más compacta y con menos espacios libres, lo que lleva a una textura más dura, independientemente de la humedad. Los quesos bajos en grasa también tienden a ser más elásticos, más adhesivos, y menos cohesivos. Por

otro lado, los quesos con altos contenidos de grasas saturadas son más suaves y cremosos (Mistry, 2001).

La textura de muchos quesos continua cambiando al finalizar su procesamiento debido a la acción proteolítica de la enzima residual. Esto trae como consecuencia que los quesos madurados sean menos elásticos y más cremosos. Otros factores que afectan la textura de los quesos durante su maduración son:

- a) el pH durante el desuerado;
- b) la cantidad de sal en la cuajada,
- c) el pH del queso después del salado.

(Mehmet y Sundaram, 2003).

El método general para evaluar la textura del queso es el Análisis de Perfil de Textura, sin embargo existen otros más específicos para cada tipo de queso (Moskowitz, 1987).

### **3.6 Desarrollo de nuevos productos**

Por desarrollo de nuevos productos se entiende la acción de crear productos originales, o bien, modificar uno ya existente con la finalidad de satisfacer las necesidades o deseos del consumidor y generar ingresos, de tal manera que las empresas puedan operar, actualizarse y crecer. La gran variedad de productos alimenticios lanzados al mercado comparten una metodología de desarrollo que se describe a continuación:

1. **Formulación de la idea.** Incluye los procesos de generación, selección de la idea, la definición y prueba de concepto. Esta etapa finaliza cuando se tiene bien definido el producto que se quiere lanzar.
2. **Planeación para el desarrollo.** Abarca la asignación del equipo de trabajo para el proyecto, la investigación de mercado inicial, el desarrollo de las especificaciones comerciales del producto, y el desarrollo del cronograma del proyecto. Una vez que se han cumplido todos los puntos anteriores, se procede al desarrollo del producto.

3. **Desarrollo técnico.** Se divide en dos partes: el desarrollo del prototipo del producto y el desarrollo de las pruebas en planta. La primera parte se lleva a cabo en el laboratorio y arroja la siguiente información:
- a. Desarrollo de la formulación inicial
  - b. Verificación de la disponibilidad de las materias primas
  - c. Análisis inicial de costos
  - d. Definición de las condiciones de proceso básicas
  - e. Elección de los empaques y embalajes a utilizar
  - f. Elaboración de la información para la etiqueta
  - g. Revisión de la normatividad
  - h. Determinación de la vida de anaquel.

Una vez que esta parte se concluye se pasa a la segunda, en la cual el producto se elabora directamente en la línea de producción piloto, realizando las pruebas de ajuste necesarias para preparar el lanzamiento. Como resultado de ésta etapa se obtiene la siguiente información:

- a. Formulación definitiva del producto.
- b. Condiciones de proceso definitivas.
- c. Rendimiento del producto (productos por lote o por tiempo).
- d. Rango permitido de peso del producto.
- e. Verificación de la vida de anaquel (en planta piloto).
- f. Evaluación sensorial.

Al terminar esta etapa el producto está listo para ser elaborado a nivel industrial.

4. **Desarrollo de la estrategia de mercadotecnia.** Consiste en determinar todos los parámetros del mercadeo moderno conocidos comúnmente como la “mezcla mercadológica”. Estos parámetros son:
- a. Establecimiento del precio.
  - b. Distribución del producto.
  - c. Planeación de la publicidad
  - d. Análisis comercial (ventas potenciales del producto).

5. **Prueba de mercado.** Una vez que se tiene toda la información mencionada anteriormente se procede a realizar una prueba limitada en condiciones reales de venta, para probar la aceptación del producto y los posibles ajustes necesarios para el mismo.
  
6. **Comercialización.** Consiste en la colocación del producto desarrollado en el mercado al alcance de todos los consumidores potenciales. El principal objetivo es lograr que el producto sea autofinanciable, es decir, las ventas suficientes en el menor periodo posible de tiempo para sostener las operaciones sin el apoyo financiero de la compañía.

(Ramírez y Pérez, 2010)

---

---

## 4. Justificación

Debido a la epidemia de enfermedades crónico-degenerativas que ocurre en México, se ha incrementado el interés de consumir alimentos que tengan efectos benéficos en la salud (funcionales). Actualmente, los únicos productos con estas características disponibles en el mercado son leches fermentadas y algunos suplementos en polvo (Esquivel, 2008).

Se ha reportado en la literatura (Buriti *et al.*, 2007) que los quesos pueden ser adicionados de ingredientes funcionales sin comprometer las características organolépticas propias del producto. En el caso particular de los probióticos (microorganismos que aportan diversos beneficios a la salud), el queso brinda protección a éstos durante su paso por el trayecto gastrointestinal debido a su densa matriz proteica.

Los quesos frescos, de alto consumo en México (Villegas, 2004), presentan la ventaja adicional de mantener alta la viabilidad de estos microorganismos en el producto debido a sus condiciones de almacenamiento (4 °C) y a que su vida de anaquel es corta (20 días máximo), sin embargo no existen productos comerciales con probióticos (Vinderola *et al.*, 2000).

Considerando lo anterior, se pretende desarrollar una línea de quesos frescos funcionales, que además tengan un menor contenido de grasa, para ofrecer un producto alternativo y novedoso que aporte beneficios a la salud. Estos beneficios serán aportados por la adición de bacterias probióticas (del género *Lactobacillus*) y de una fibra soluble que tiene actividad prebiótica (benéfica para los probióticos y para el consumidor) y que puede emplearse como sustituto de grasa (Koca y Metin, 2004).

Los productos que integran la línea son una formulación de queso blanco y tres formulaciones de quesos botaneros (quesos frescos a los que se les adiciona un ingrediente adicional para que aporte sabor a los mismos) que incluyen queso con chile jalapeño, con chile chipotle y con epazote. Estos condimentos fueron elegidos por su amplio uso en la alimentación mexicana y por su sabor particular que puede ser atractivo para el consumidor nacional e internacional (Villegas, 2004).

Otra ventaja de ésta línea es que permitirá expandir el mercado de quesos botaneros, en el cual sólo existe una marca que los elabora a nivel industrial, siendo el resto elaborado a nivel artesanal, con todos los riesgos de seguridad alimentaria que esto implica.

Como parte del desarrollo, los productos deben de cumplir con la normatividad mexicana vigente de etiquetado. Para ello, se requiere conocer la fecha de caducidad, por lo que se deben evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales, y microbiológicas de los productos para determinar su tiempo de vida de anaquel.

---

---

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivos generales

- Desarrollar una línea de quesos botaneros funcionales, con fibra soluble y probióticos.
- Evaluar la vida de anaquel de todos los productos de la línea.
- Comparar la línea de productos elaborados contra productos comerciales similares.

### 5.2 Objetivos particulares

- Determinar en que etapa del proceso de elaboración de queso se debe de añadir la fibra soluble.
- Determinar la cantidad de fibra soluble a adicionar a las formulaciones de acuerdo a su impacto en la textura de las mismas.
- Determinar el mejor pretratamiento para minimizar la carga microbiana del epazote fresco.
- Determinar la cantidad de chile jalapeño, chile chipotle y epazote que se va a adicionar a cada formulación.
- Evaluar la vida de anaquel de los productos de la línea mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.
- Comparar la aceptación de los productos de la línea contra productos comerciales similares utilizando pruebas sensoriales con consumidores.
- Estimar teóricamente el contenido nutrimental y el costo de cada formulación y compararlos con los parámetros correspondientes de productos comerciales similares.

## 6. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL

El proyecto se llevo a cabo en tres etapas consecutivas.

En la primera, descrita de manera general en la figura 6.1, se llevó a cabo el desarrollo de las cuatro formulaciones de queso funcional que integran la línea. Para esto, inicialmente se determinó la etapa de adición de la fibra en el proceso de elaboración de queso que minimizara la pérdida de ésta durante la manufactura del producto; a continuación, se determinó la cantidad óptima de fibra en el queso mediante pruebas instrumentales y sensoriales. Con estos resultados, se concluyó la formulación de queso blanco. Posteriormente, partiendo de dicha formulación, se desarrollaron las de los quesos botaneros, que incluyen el queso con chile jalapeño en escabeche, el queso con chile chipotle adobado, y el queso con epazote. Lo anterior, se llevó a cabo empleando pruebas sensoriales con consumidores habituales de estos condimentos, para determinar la mejor concentración de cada uno en el producto final. En el caso del queso con epazote, previo a su evaluación sensorial, se buscó el mejor pretratamiento que permitiera minimizar la carga microbiana presente en éste, sin afectar sus cualidades sensoriales. Se probaron diferentes desinfectantes y tratamientos térmicos contra un lote de epazote sin tratamiento (control), para determinar la efectividad de cada uno.

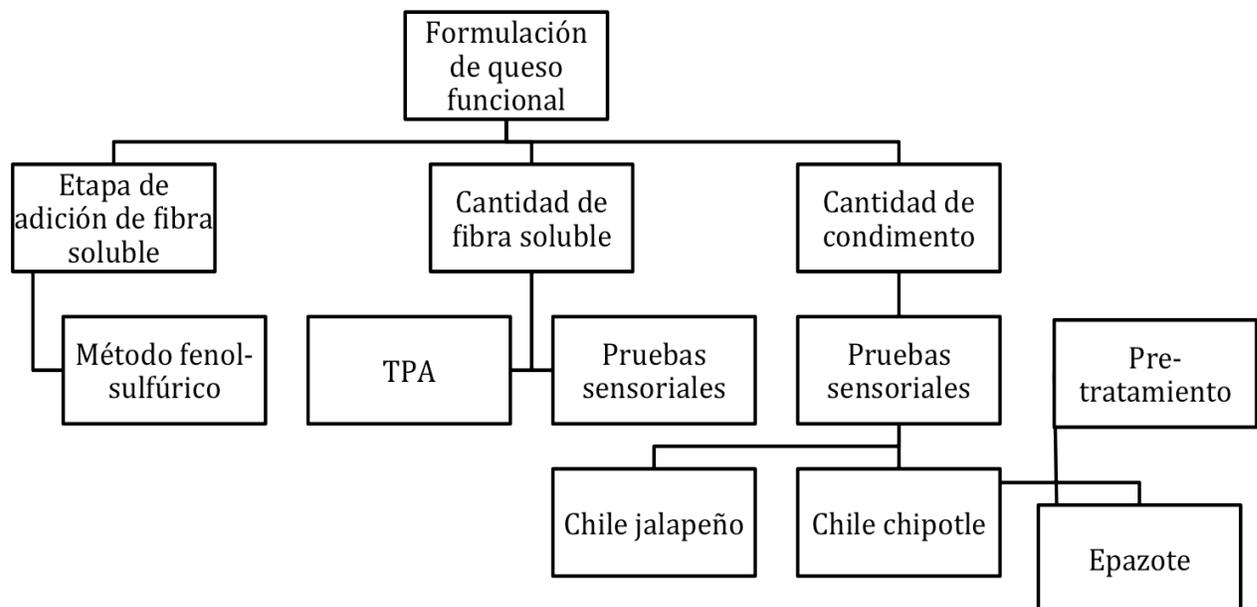


Figura 6.1. Formulación de queso funcional.

En la segunda etapa, mostrada en la figura 6.2, se evaluó la vida de anaquel de cada una de las formulaciones desarrolladas. Esta evaluación se llevó a cabo en dos lotes de cada formulación, de los que se tomaron muestras por duplicado cada tercer día. Se evaluó pH, porcentaje de acidez, porcentaje de humedad, volumen de sinéresis, y parámetros microbiológicos (mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, *E. coli*). También se evaluó la presencia o ausencia del patógeno *S. aureus* de manera semanal.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de textura (TPA) de cada lote, por duplicado, de manera semanal, comparando los productos elaborados con un producto comercial.

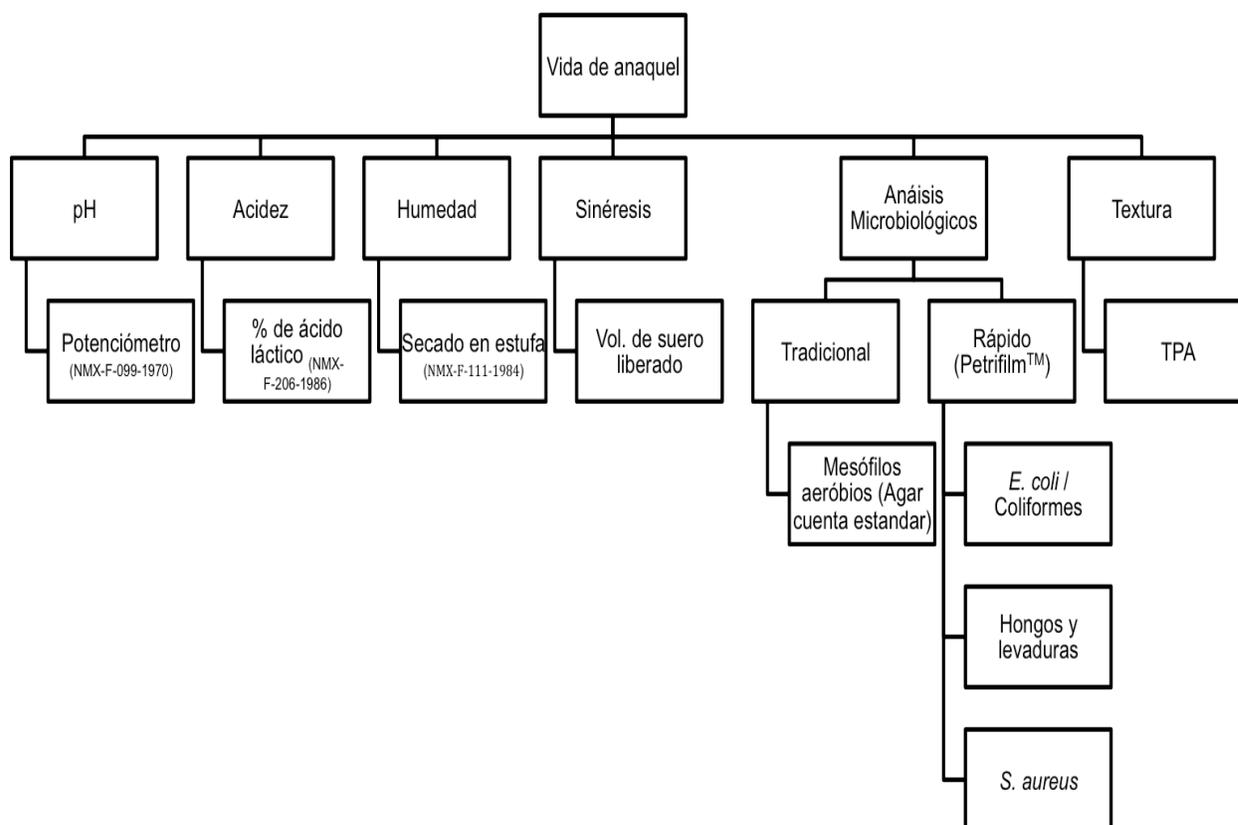


Figura 6.2. Evaluación de vida de anaquel.

En la etapa final, detallada en la figura 6.3, los productos obtenidos se compararon contra productos comerciales similares. Esto consistió en:

- Evaluación sensorial
  - Pruebas afectivas con consumidores comparando el nivel de agrado de cada formulación desarrollada contra el de un producto comercial.
- Evaluación nutrimental
  - Cálculo teórico del contenido nutrimental de una porción de queso, comparada con el contenido nutrimental de productos comerciales.
- Evaluación de costos
  - Cálculo teórico del costo por porción, comparado con el costo de productos comerciales.

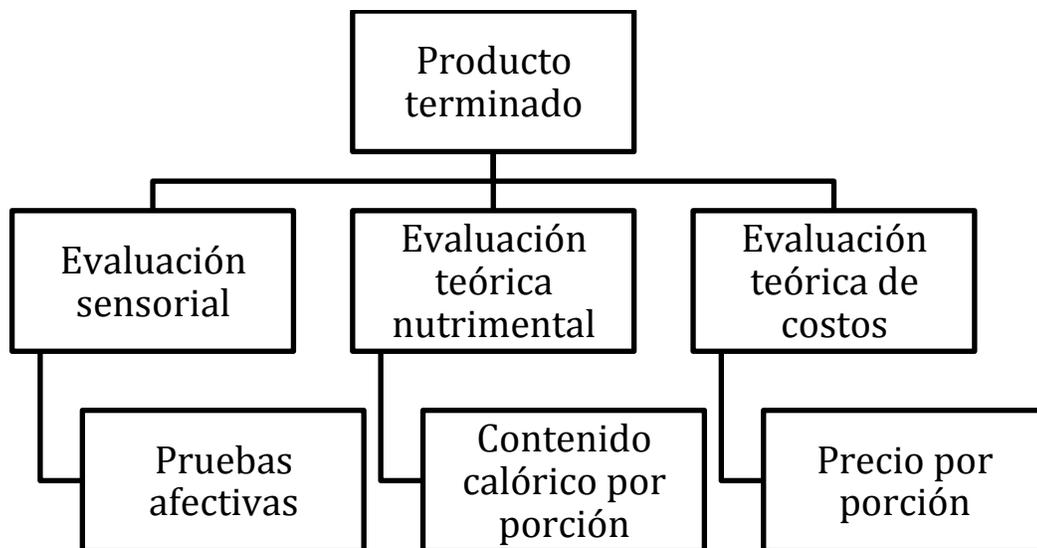


Figura 6.3. Análisis de producto terminado.

---

---

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Materias primas

- Leche semidescremada (1% grasa), pasteurizada y homogeneizada
- Fibra soluble
- Cloruro de calcio
- Cuajo natural
- Sal de mesa
- Ingredientes variables:
  - Chile jalapeño en escabeche
  - Chile chipotle adobado
  - Epazote fresco

### 7.2 Proceso de elaboración de queso

Las formulaciones de queso, sin probióticos y sin fibra, se elaboraron siguiendo el proceso mostrado a continuación:

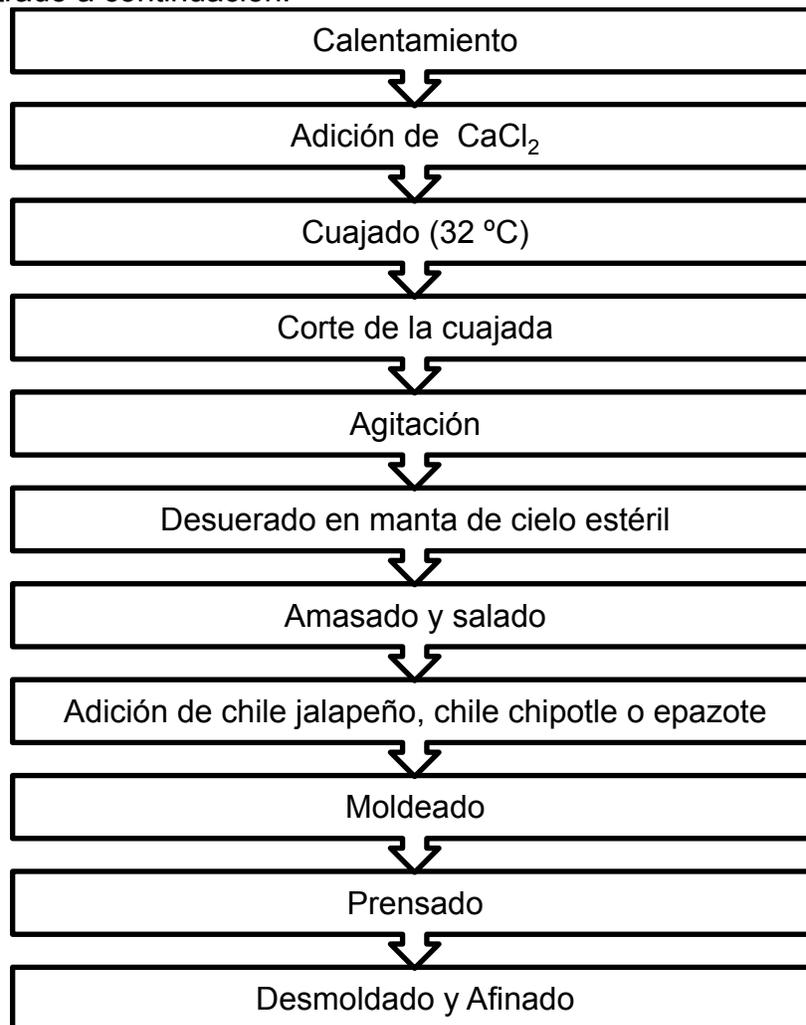


Figura 7.1. Proceso general de elaboración de queso.

---

---

### 7.3 Etapa de adición de fibra soluble

La adición del prebiótico a la formulación se realizó siguiendo la metodología propuesta por Hennelly *et al.* (2006), disolviéndolo completamente en leche a 80 °C. Como se manejaron piezas pequeñas de queso (300 g), se decidió que la cantidad de leche para esta operación fuera 50 mL. Para fijar la etapa de adición de la fibra disuelta, se probaron dos formulaciones:

- **Formulación A.** Para la elaboración de este queso se adiciono la fibra soluble en la leche durante el calentamiento (etapa previa al cuajado) y se analizó el contenido de fibra soluble en el lactosuero obtenido del desuerado y del prensado.
- **Formulación B.** Para este segundo queso la fibra soluble se integró durante la etapa de amasado de la cuajada y su pérdida se cuantificó únicamente en el lactosuero del prensado.

Se calculó el porcentaje de la fibra inicial en cada queso (A y B) al final de su procesamiento, para determinar en que proceso ocurre una menor pérdida. La fibra soluble se cuantificó empleando el método de fenol-sulfúrico (Anexo 11.2).

### 7.4 Cantidad de fibra soluble

Se elaboraron tres formulaciones de queso en las que se varió la concentración de fibra soluble (baja, intermedia y alta). Estas formulaciones fueron sometidas a un análisis de perfil de textura (TPA) y un análisis sensorial (prueba de preferencia) para determinar la formulación final.

#### 7.4.1 Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura (TPA) fue realizado en el laboratorio 313 del edificio E de la Facultad de Química, mediante una adaptación de la metodología propuesta por Farkye *et al.* en 1995.

Para este análisis, las muestras se cortaron en cubos de 3 cm de lado a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), se colocaron en el texturómetro (Modelo Sintech 1/S, No. de serie 1S-101995-168, fabricado por MTS-System Corporation en E.U.A.), se empleó una sonda cilíndrica de aluminio P/50 de 50 mm

de diámetro. Se aplicaron dos ciclos de compresión a un 50% de su altura original y a una velocidad máxima de 75 mm/min. El equipo cuenta con un programa que permitió el análisis y evaluación de las curvas del TPA, obteniéndose de manera automática los atributos de dureza, resortividad, cohesividad y masticabilidad.

La determinación se llevó a cabo por cuadruplicado (dos lotes de dos muestras cada uno) para las tres formulaciones de queso y un producto comercial (queso panela bajo en grasa).

### **7.4.2 Prueba de preferencia**

Esta prueba tiene como objetivo ordenar según el grado de preferencia una serie de muestras de acuerdo con el aprecio personal. El ordenamiento coloca en primer lugar a la muestra de mayor preferencia y en último, a la de menor preferencia. Se realiza con consumidores habituales del producto en estudio. Es una prueba sencilla pero se requiere de un gran número de evaluaciones para que sea válida (Pedrero y Pangborn, 1989). Para el caso de esta evaluación, la prueba se realizó con 100 consumidores habituales de queso fresco, los cuales evaluaron tres muestras con una concentración de fibra diferente en cada una (las mismas concentraciones que se evaluaron en el análisis instrumental).

El análisis de resultados se realizó con un ordenamiento por rangos (Anexo 11.5.5), el cuál determina si existe diferencia significativa entre la suma de frecuencias de cada muestra. Estos se pueden representar graficando las sumas de frecuencias para cada muestra, teniendo en cuenta que mientras menor sea este valor, mayor será la preferencia.

### **7.5 Pretratamiento del epazote**

Este análisis se dividió en dos partes:

#### **1. Elección del mejor desinfectante**

Se comparó la eficiencia de seis desinfectantes diferentes (dos con base de plata coloidal, dos con base de cloro, y dos con base de ácidos orgánicos) empleando un análisis microbiológico de mesófilos aerobios (ver sección 7.7.4), el cual se aplicó a un lote de epazote lavado

dividido en siete muestras (una muestra desinfectada con cada desinfectante, más una sola que solo fue lavada como control). Los desinfectantes se aplicaron de acuerdo a las instrucciones del proveedor. El análisis se realizó por triplicado.

### 2. Elección del tiempo del tratamiento térmico

Una vez que se eligió el mejor desinfectante, se determinó el tiempo óptimo (minutos) del tratamiento térmico (cocción con vapor, a temperatura de 65-70 °C), con el objetivo de minimizar la carga microbiana que todavía permanecía en el epazote y resaltar características sensoriales. Para todas las muestras se realizó una cuenta de mesófilos aerobios (ver sección 7.7.4) después del tratamiento.

## 7.6 Formulación de quesos botaneros

Para elaborar los quesos botaneros, se partió del proceso de queso funcional blanco (Anexo 11.1.1), y se adicionaron los ingredientes respectivos (chile jalapeño en escabeche, chile chipotle adobado, epazote) siguiendo la metodología propuesta por Villegas (2004). En el caso de los chiles, se emplearon productos enlatados comerciales. La cantidad de cada ingrediente se determinó por medio de pruebas sensoriales (de preferencia y de aceptación). El tipo de cuestionario aplicado para cada ingrediente, así como los resultados totales, se presentan en el Anexo 11. 5.

### 7.6.1 Prueba de preferencia

Se sigue el mismo protocolo establecido en la sección 7.4.2., pero ahora con diferente concentración de cada ingrediente para cada prueba.

### 7.6.2 Prueba de nivel de agrado

Tiene como objetivo conocer el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se debe utilizar una escala que contenga un indicador de punto medio con la finalidad de dar al juez un punto de indiferencia a la muestra. Este tipo

de prueba se realiza con consumidores habituales del producto (Pedrero y Pangborn, 1989). En la evaluación de los quesos botaneros, se pidió a 100 consumidores habituales de cada ingrediente que calificaran cada muestra de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 7.1. Escala hedónica estructurada de 7 puntos

Calificación	Significado
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta mucho
7	Me gusta extremadamente

El análisis de resultados de esta prueba se realizó con un análisis de varianza (Anexo 11.5.6), el cual determina si existe diferencia significativa entre los promedios de la calificación de las diferentes muestras.

### 7.7 Vida de anaquel

Se elaboraron dos lotes de cada formulación, cada lote era una pieza de queso de 270-280 g, los cuales se envolvieron en papel encerado, se empacaron en bolsas de plástico tipo Ziplock®, y se mantuvieron en condiciones de refrigeración (4 °C). De cada lote se evaluaron dos muestras, por lo que cada determinación se llevo a cabo por cuadruplicado para cada formulación. Se evaluó el pH, la acidez (expresada como porcentaje de ácido láctico), el porcentaje de humedad, la sinéresis (volumen de suero liberado), y los parámetros microbiológicos (mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, y *E. coli*) cada tercer día. La presencia o ausencia de *S. aureus*, y el análisis de perfil de textura se evaluaron semanalmente.

El muestreo, la toma de líquido de sinéresis, y la renovación de la envoltura de los quesos (cuando fue necesaria), se llevaron a cabo en una campana de flujo laminar, con instrumentos estériles, para evitar la posible contaminación.

---



---

**7.7.1 pH y acidez** (adaptado de *NMX-F-206-1986*)
*Preparación del extracto*

Se pesaron 9 gramos de la muestra en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640), se suspendieron en 100 mL de agua destilada (pH=7, T=40 °C) dentro de un matraz Erlenmeyer de 250 mL, y se agitó durante 15 min a 175 rpm. A continuación, se filtró la suspensión para separar los sólidos.

*Medición de pH*

Se midió el potencial del extracto con un potenciómetro calibrado (Modelo Hanna HI 4211) empleando un electrodo de vidrio en combinación con un electrodo de referencia de calomel (Beckman Lote No. 5310<sup>a</sup> Modelo 511064).

*Medición de la acidez*

Se tomó una alícuota de 25 mL del extracto y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 0.5 mL de fenolftaleína al 1%, y se procedió a titular con una solución valorada de NaOH 0.1N, con agitación continua, hasta que se observó un vire de color rosa claro (por lo menos 30s). El cálculo para determinar la acidez, expresada como % ácido láctico, se muestra a continuación:

$$\% \text{ ácido láctico} = \left( \frac{(mL \text{ NaOH gastados} * \text{Normalidad de NaOH} * 0.09 (\text{meq de Ác. láctico}))}{g \text{ muestra}} \right) \times 100$$

**7.7.2 Humedad** (adaptado de *NMX-F-111-1984*)

Se puso un pesafiltro a peso constante (200 °C / 60 min.) Se pesaron 2-3 gramos de la muestra (molida) en una balanza analítica (Voyager OHAUS V10640) dentro del pesafiltro a peso constante, y se distribuyó la muestra de manera uniforme. Se secó la muestra a 95 °C durante 4 horas. La muestra seca se transfirió a un desecador de vidrio (que contenía sulfato de cobre anhidro como agente desecante), se dejó enfriar y se pesó hasta alcanzar peso constante.

El cálculo para determinar la humedad, expresada como porcentaje, se muestra a continuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(PH-PS)}{M} * 100$$

donde:

PH: Peso del pesafiltro con la muestra húmeda

PS: Peso del pesafiltro con la muestra seca

M: Peso de la muestra húmeda

### 7.7.3 Sinéresis

El suero expulsado se recogió con una pipeta estéril y se colocó en un vaso de precipitados. Posteriormente, el volumen se midió con ayuda de una probeta graduada.

### 7.7.4 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se llevó a cabo mediante la cuantificación de los microorganismos indicadores generales para alimentos (mesófilos aerobios, coliformes, hongos y levaduras), así como de dos patógenos (*Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*). Los únicos que se cuantificaron siguiendo una metodología tradicional fueron los mesófilos aerobios, mientras que, para el resto se empleó el método rápido de las placas Petrifilm™ (Anexo 11.4).

#### 7.7.4.1 Preparación de las muestras

Las muestras para el análisis microbiológico fueron tratadas siguiendo una adaptación del método marcado por la *NOM-243-SSA1-2010*. Se pesaron 10 gramos de muestra dentro de la campana de flujo laminar, se diluyeron con 90 mL de agua peptonada estéril en una bolsa para Stomacher® (marca Seward), se homogeneizó durante 5 minutos a velocidad máxima en un Stomacher® (Seward 900), y se centrifugó a 3500 rpm durante 5 min., a 4 °C, en una centrifuga Heracus (Modelo Biofuge Primo R), empleando tubos falcón estériles de capacidad de 50 mL. Para el análisis de mesófilos aerobios (ver abajo), se realizaron dos diluciones consecutivas en tubos con 9 mL de agua peptonada estéril cada uno.

---

---

#### 7.7.4.2 Mesófilos aerobios

Se siguió el método tradicional marcado por la *NOM-243-SSA1-2010*, por lo que se colocó 1 mL de la dilución correspondiente por cada caja Petri estéril, se agregaron de 12 a 15 mL del medio preparado (Agar Cuenta Estándar, marca Difco), se mezcló con 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta que se logró una completa incorporación del inóculo en el medio, y se dejó enfriar. Las cajas se incubaron, junto con una caja que únicamente contenía medio como blanco, a  $35 \pm 2$  °C durante  $48 \pm 2$  h.

#### 7.7.4.3 *E.coli* / Coliformes, Hongos y Levaduras, y *Staphylococcus aureus*

Estas determinaciones se realizaron empleando un método rápido, las placas Petrifilm™ (Anexo 11.4). Cada una de las placas correspondientes se inocularon con 1mL de la dilución  $10^{-1}$ , se presionaron con el disco correspondiente, y se incubaron según sus condiciones óptimas:

- *E.coli* / Coliformes y *Staphylococcus aureus* :  $24 \pm 2$  h a  $35 \pm 2$  °C
- Hongos y Levaduras: 5 días a  $29 \pm 1$  °C

#### 7.7.5 Análisis de perfil de textura

Esta determinación se llevó a cabo por cuadruplicado (dos lotes de dos muestras cada uno) en las cuatro formulaciones de queso y en un producto comercial (queso panela bajo en grasa), en tres tiempos:

- Tiempo uno: El día del empaçado
- Tiempo dos: Una semana después del empaçado
- Tiempo tres: Dos semanas después del empaçado

En el caso del producto comercial, se retiró su empaque original y fue envuelto en las mismas condiciones que los demás quesos elaborados para eliminar esta variable. Todas las determinaciones se llevaron a cabo siguiendo el mismo protocolo para análisis de perfil de textura indicado en la sección 7.4.1.

### 7.8 Análisis sensorial de producto terminado

Las formulaciones terminadas se compararon con productos similares comerciales por medio de una prueba de nivel de agrado, como en la sección 7.6.2, con la diferencia de que, como ambos productos son parecidos, la escala hedónica empleada fue de 9 puntos, como la mostrada en la tabla 7.2, para que los consumidores tuvieran más opciones al momento de calificar cada muestra; las pruebas de preferencia se descartaron por tratarse únicamente de dos muestras.

Tabla 7.2. Escala hedónica estructurada de 9 puntos

Calificación	Significado
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Las comparaciones de los quesos botaneros se realizaron contra productos con un contenido de grasa mayor debido a que éstos son los únicos en el mercado que contienen los mismos condimentos que las formulaciones desarrolladas. Adicionalmente, las formulaciones de queso con chile fueron elaboradas empleando preparados desarrollados en el laboratorio en lugar de productos enlatados comerciales, manteniendo la misma concentración de chile en queso que se estandarizó previamente (sección 7.6) para poder evaluar el uso de estos como ingredientes definitivos de la formulación. El desarrollo de estos preparados se describe en el Anexo 11.9. Los cuestionarios aplicados para cada comparación y los datos completos recabados se presentan en el Anexo 11.8. El método estadístico aplicado a los datos fue la *t de student*, debido a que se trataba de dos muestras (Anexo 11.8.5).

---

---

### **7.9 Análisis nutrimental y de costos**

Se calculó el aporte nutrimental teórico para cada formulación a partir de la información reportada en la etiqueta de la materia prima utilizada, así como el costo teórico por pieza del producto. Se realizó la comparación de estos datos con los de quesos comerciales bajos en grasa. Para el cálculo del costo se consideró el precio de las materias primas al menudeo.

## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como se mencionó previamente, el proyecto se dividió en tres partes consecutivas que se fueron llevando a cabo de manera progresiva.

### 8.1 Etapa de adición de fibra

El primer paso para el desarrollo de las formulaciones fue determinar la etapa del proceso más adecuada para agregar la fibra soluble, de manera que la mayor cantidad de ésta permaneciera en el producto final.

Para esto se elaboraron dos quesos, uno en el que se adicionó la fibra desde el inicio del proceso (en la leche fluida), que se denominó como “**queso A**”; y otro en el que se adicionó durante el tratamiento de la cuajada previo al moldeado, que se nombro “**queso B**”. En ambos casos, la fibra se adiciono siguiendo la metodología propuesta por Hennelly *et al.* (2006), disolviéndola completamente en 50 mL de leche a 80 °C antes de su adición a la formulación. La cantidad agregada se calculó según el tratamiento: 1% m/v en el primero (A), tomando en cuenta el volumen de leche inicial; 1% m/m en el segundo (B), considerando el peso final de la cuajada.

La pérdida de fibra se cuantificó en el lactosuero del desuerado y de la sinéresis en el primero (A), y únicamente en el de sinéresis para el segundo (B). Las muestras se analizaron con el método fenol-sulfúrico para determinar la concentración del polisacárido empleando una curva patrón del mismo (Anexo 11.2).

Durante el análisis inicial de cada muestra de lactosuero, se encontró que, de manera directa, ninguna de éstas entraba en la curva patrón de fibra soluble, por lo que se realizaron diluciones: de 1:10 para el queso A, y de 1:15 para el B. Cada muestra se evaluó por triplicado. Las absorbancias de cada réplica se muestran en la Tabla 8.1

Tabla 8.1. Absorbancias a 490nm de las diferentes muestras de lactosuero

No. de réplica	Muestra A	Muestra B
1	0.0200	0.674
2	0.0203	0.676
3	0.0204	0.675
Promedio	0.02023	0.675
DS	0.000208	0.001

A partir de estos datos, se determinó la concentración de cada muestra interpolando en la curva patrón (Anexo 11.2). El resultado para cada réplica se muestra en la Tabla 8.2

Tabla 8.2. Concentración de fibra soluble de las diferentes muestras de suero, en  $\mu\text{g/mL}$

No. de réplica	Concentración ( $\mu\text{g/mL}$ )	
	Muestra A	Muestra B
1	2.32	92.88
2	2.36	93.18
3	2.38	93.03
Promedio	$2.35 \pm 0.031$	$93.03 \pm 0.15$

A continuación, se aplicó el factor de dilución de cada muestra, para obtener la concentración por mililitro de cada suero:

- Muestra A
  - $C_1V_1 = C_2V_2$
  - $(2.35 \text{ mg/mL}) (10\text{mL}) = C_2 (1\text{mL})$
  - $C_2 = 23.5 \mu\text{g/mL}$
- Muestra B
  - $C_1V_1 = C_2V_2$
  - $(93.03\mu\text{g/mL}) (15\text{mL}) = C_2 (1\text{mL})$
  - $C_2 = 1395.43 \mu\text{g/mL}$

Aplicando la cantidad total de suero en cada muestra, se obtuvo la cantidad total de fibra perdida en cada caso:

- Muestra A
  - $23.5 \mu\text{g/mL} \times 1635 \text{ mL (cantidad total de suero del desuerado)} = 38422.5 \mu\text{g} = 38.42 \text{ mg de fibra soluble}$
- Muestra B
  - $1395.43 \mu\text{g/mL} \times 50\text{mL (cantidad total de suero de sinéresis)} = 69771.5 \text{ mg} = 69.7715 \text{ mg de fibra soluble}$

---



---

El balance final de fibra para cada caso se muestra en la Tabla 8.3

Tabla 8.3. Balance final de fibra soluble

	Queso A	Queso B
Fibra inicial (Fi)	2000 mg	2384 mg
Fibra en suero (Fs)	38.45mg	69.77mg
Fibra en queso (Fi-Fs)	1916.5mg (98.07% Fi)	2314.2mg (97.07% Fi)

Lo primero que se puede observar de los resultados es que el lactosuero del queso B tiene una concentración más elevada que el lactosuero total (desuerado más sinéresis) del queso A. Lo anterior explica porque la cantidad de fibra en el producto para ambos casos fue muy similar, ya que en un caso se tenía un volumen pequeño pero muy concentrado y en el otro un volumen grande pero con una baja concentración.

Al final, se eligió adicionar la fibra soluble en la leche, ya que adicionarla durante el amasado de la cuajada involucra mayor manipulación del producto por parte del operario, que puede traducirse en mayor riesgo de contaminación y en efectos negativos sobre la textura final.

## 8.2 Cantidad de fibra

Una vez que se decidió en que etapa del proceso se añadirá la fibra soluble, el siguiente paso fue elegir la concentración óptima de ésta en el producto.

Con este objetivo, se realizaron dos pruebas: una instrumental, en la que se llevó a cabo un análisis de perfil de textura en las muestras de quesos con diferente concentración de fibra, comparándolos con un producto comercial bajo en grasa, y una sensorial de los quesos elaborados con estas concentraciones, para conocer la preferencia de los consumidores. El rango que se manejó fue del 2% al 13%, con base en el rango recomendado para el consumo diario de fibra (Toyama, 2010).

Las pruebas se diseñaron considerando los reportes de polisacáridos similares a la fibra utilizada, en los que estos han presentado efectos positivos sobre la textura de productos bajos en grasa (Koca y Metin, 2004).

### 8.2.1 Análisis de perfil de textura

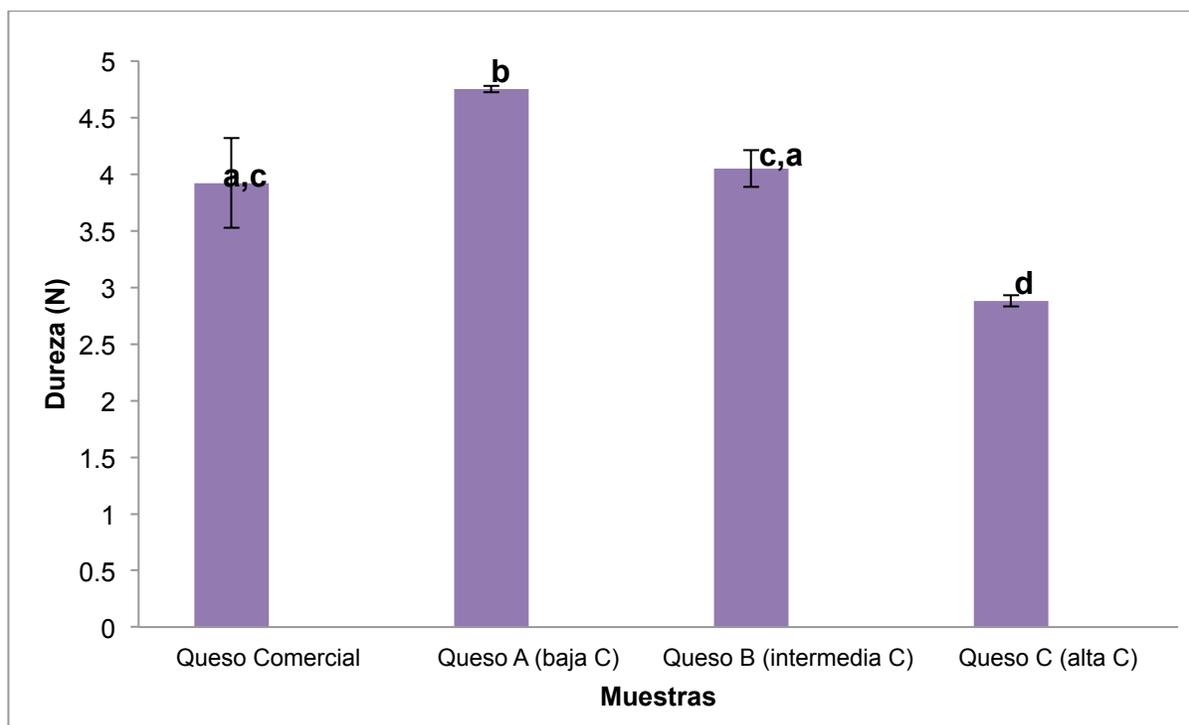
Los resultados de los atributos de textura de los quesos elaborados y del producto comercial se muestran en la Tabla 8.4. Las curvas generadas para cada muestra se presentan en el Anexo 11.3.

Tabla 8.4. Promedios de las determinaciones de TPA para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial

Parámetro	Cantidad de fibra soluble			
	Queso comercial (sin fibra)	Queso concentración baja	Queso concentración intermedia	Queso concentración alta
Dureza (N)	3.92 ± 0.25 <sup>a,c</sup>	4.75 ± 0.06 <sup>d</sup>	4.05 ± 0.19 <sup>a,c</sup>	2.88 ± 0.057 <sup>b</sup>
Elasticidad (mm)	2.56 ± 0.005 <sup>a</sup>	2.55 ± 0 <sup>a</sup>	2.55 ± 0.006 <sup>a</sup>	2.57 ± 0 <sup>a</sup>
Cohesividad	0.7 ± 0 <sup>a,c</sup>	0.65 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.7 ± 0 <sup>a,c</sup>	0.86 ± 0.006 <sup>d</sup>
Masticabilidad (J)	0.007 ± 0.00046 <sup>a,c</sup>	0.0078 ± 0.00043 <sup>b</sup>	0.0072 ± 0.0003 <sup>a,c</sup>	0.0063 ± 0.00066 <sup>d</sup>

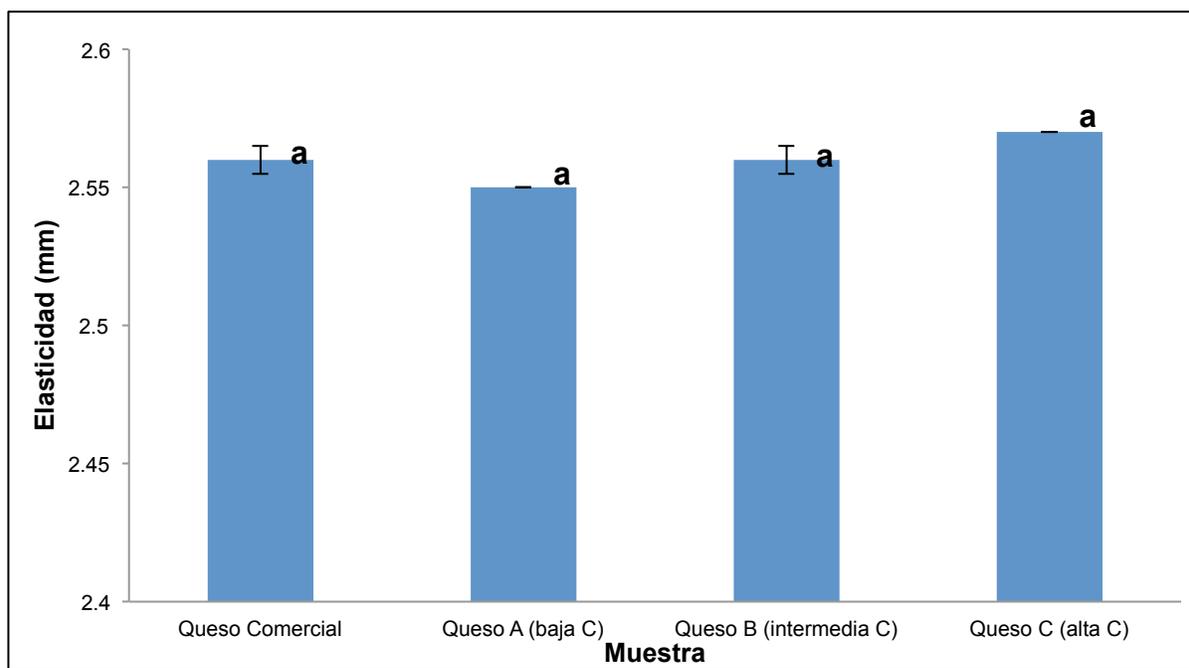
<sup>a,b,c,d</sup> Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa con un  $p < 0,05$  entre los valores obtenidos a la velocidad de ensayo (75 mm/min.)

Los datos obtenidos se trataron con una prueba estadística (Análisis de varianza, Anexo 11.5.6) para determinar si había diferencia significativa entre ellos. La representación gráfica de los resultados se muestran en las figuras 8.1 - 8.4. En todos los casos, diferentes letras indican diferencia significativa con un nivel de exigencia del 95%.



C = Concentración de fibra en el queso

Figura 8.1. Valores de dureza para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.



C = Concentración de fibra en el queso

Figura 8.2. Valores de elasticidad para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.

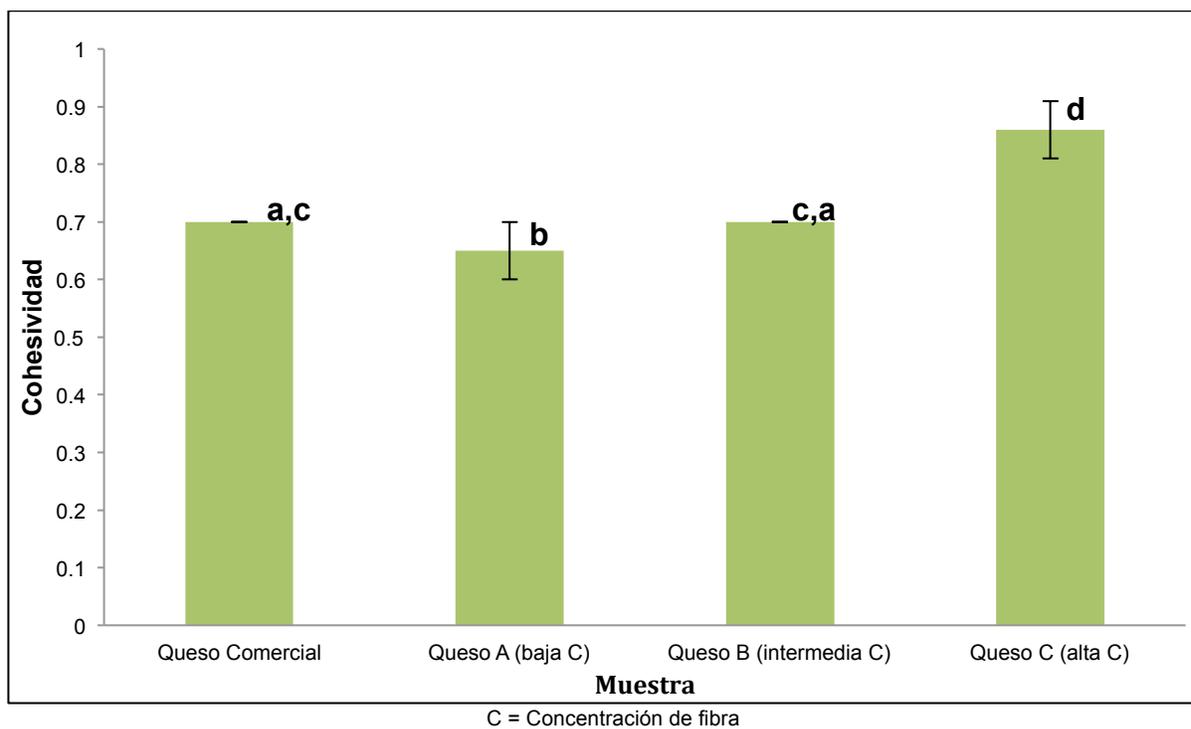


Figura 8.3. Valores de cohesividad para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.

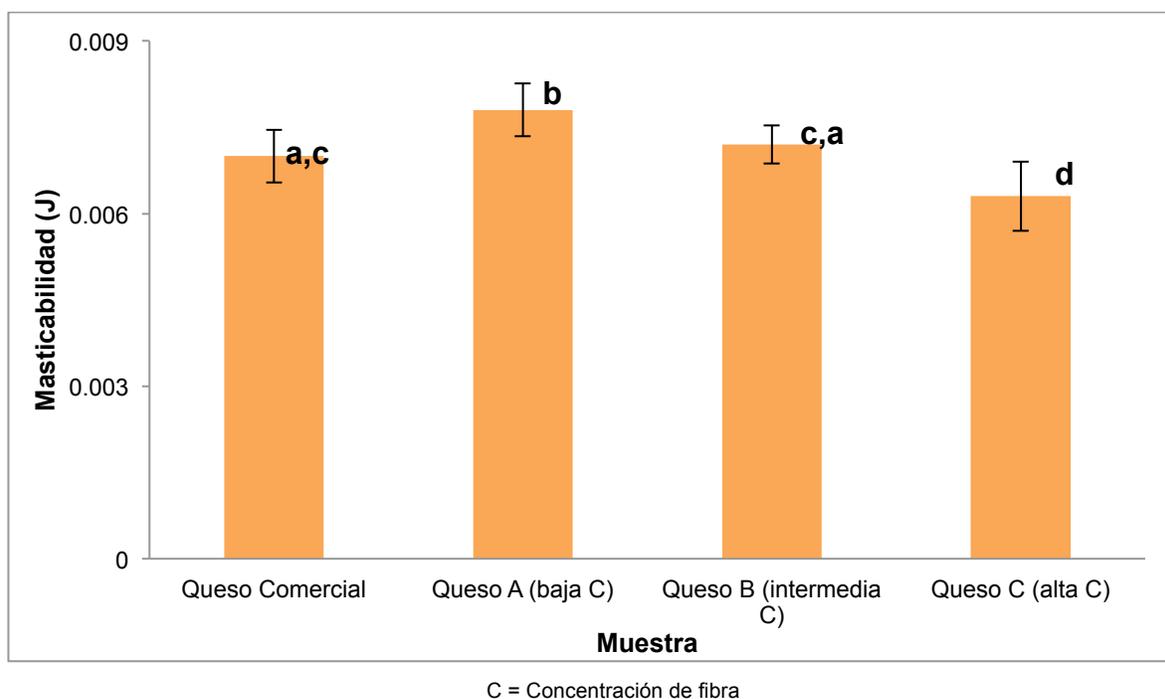


Figura 8.4. Valores de cohesividad para las tres formulaciones de queso con fibra y un producto comercial.

En la Figuras 8.1 y 8.4 se puede confirmar que la adición de la fibra soluble disminuye significativamente la dureza y la masticabilidad del queso, llegando a tener valores menores a los del producto comercial. La Figura 8.2 muestra que no existió diferencia significativa en la elasticidad de las muestras, mientras que en la Figura 8.3 se aprecia que la cohesividad de las muestras va en aumento a medida que se incrementa la concentración de la fibra.

Las tendencias anteriores coinciden con lo reportado por Koca y Metin (2004) para diversos sustitutos de grasa en queso (incluyendo una fibra soluble), que asocian este fenómeno al efecto hidrocoloide que ocurre entre la fibra y los componentes solubles del queso que modifica la proporción de proteína : humedad en los productos.

Sin embargo, también se contradice la investigación de Hennelly *et al.* (2006), que en un experimento similar no encontraron variación en los parámetros del TPA trabajando con un rango de concentración de fibra similar al empleado en este experimento. La diferencia entre ambos trabajos puede radicar en la fuente de fibra, y el tipo de producto elaborado (su producto fue un análogo de queso elaborado con grasas vegetales y el nuestro un queso fresco con grasa animal).

La única formulación elaborada que no presento diferencia significativa en los parámetros del TPA con la muestra comercial fue la que tenía una concentración intermedia de fibra lo cual indica que, a esta concentración, el efecto hidrocoloide de la fibra le otorga al queso características de textura similares al producto comercial bajo en grasa.

### **8.2.2 Evaluación sensorial**

Para conocer la preferencia de los consumidores hacia los productos con diferente concentración de fibra se aplicó la prueba de preferencia, la cual se llevó a cabo con 100 consumidores habituales de queso fresco de la Facultad de Química de la UNAM, 54 mujeres y 46 hombres, el 58% con una edad entre 18-25 años y el resto con una edad entre 25 - 60 años. Las muestras se presentaron a los consumidores codificadas con números de tres dígitos.

Los datos completos de esta prueba, incluyendo el cuestionario utilizado, se encuentran en el Anexo 11.5. y se resumen en la siguiente figura:

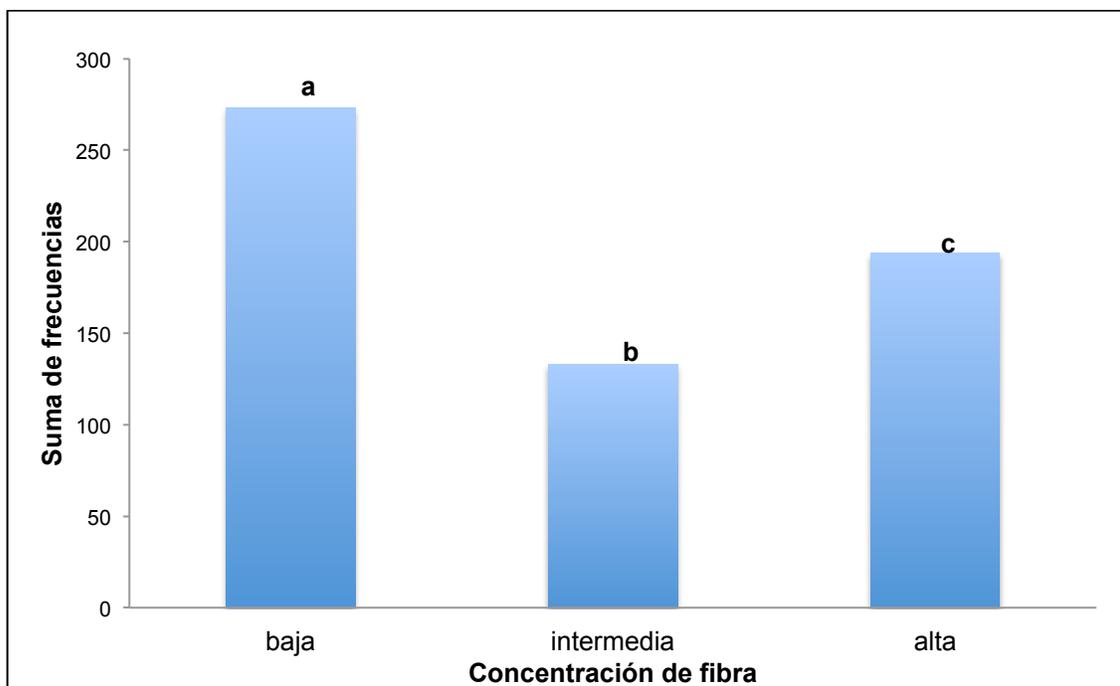


Figura 8.5. Resultados de la prueba de preferencia de queso blanco.

abc Diferentes letras indican diferencia significativa con una  $\alpha=0.05$

Estos resultados señalan que la muestra preferida por los consumidores fue la que tenía una concentración intermedia de fibra, ya que ésta tuvo una menor suma de frecuencias (en esta prueba una menor suma indica mayor preferencia porque la calificación de 1 se asigna al que se prefiere más); lo anterior se puede relacionar con las pruebas instrumentales, en las cuales a esta misma concentración no se presentó diferencia significativa contra el producto comercial. Con base en lo anterior, se seleccionó dicha concentración para la elaboración de los quesos.

Con la información obtenida en todas las pruebas hasta esta sección del proyecto, se elaboró el diagrama de proceso para el queso funcional blanco, que se describe en el Anexo 11.1.2.

### 8.2.3 Rendimiento

En promedio, el rendimiento del queso blanco elaborado con la formulación establecida, es de 15 g de queso por cada 100 mL de leche.

---

---

### **8.3 Pruebas piloto para la elaboración de quesos botaneros**

Con la formulación estandarizada del queso blanco como base se obtuvieron los quesos botaneros. Con el objetivo de que los productos tuvieran un carácter nacional, se eligieron condimentos típicos de México: dos tipos de chile (jalapeño y chipotle) y una hierba aromática (el epazote).

Para elaborar dichos productos se partió del proceso de elaboración del queso blanco, el cual se modificó adecuando el proceso para quesos botaneros, propuesto por Villegas (2004), agregando los ingredientes con respecto al peso de la cuajada, en un porcentaje peso/peso. La variable que se estandarizó para completar el producto fue la concentración de cada uno de éstos, lo que se logró mediante pruebas sensoriales con consumidores. Se realizaron pruebas de preferencia, y una prueba de nivel de agrado con una escala hedónica de 7 puntos.

#### **8.3.1 Queso con chile jalapeño en escabeche**

En esta formulación se incorporó el chile jalapeño en escabeche comercial picado en trozos cuadrados de aproximadamente 0.25 cm de lado y sin semillas. Las pruebas sensoriales se realizaron con 100 consumidores habituales de chile jalapeño (que lo consumieran al menos una vez a la semana) de la Facultad de Química de la UNAM, 41 mujeres y 59 hombres, con un rango de edad de 18-25 años el 55%, y de 25 a 60 años el resto.

El rango de concentración de chile empleado fue del 2% al 11%, manejando una concentración baja, intermedia y alta. Las muestras se presentaron a los consumidores codificadas con números de tres dígitos. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se encuentran en el Anexo 11.5.2.

La muestra de mayor preferencia (con la menor suma de frecuencias) y que gustó más (con un nivel de agrado de “me gusta poco”) fue la que tenía una concentración intermedia de chile jalapeño, como se observa en la Figura 8.6 y en la Tabla 8.5, respectivamente.

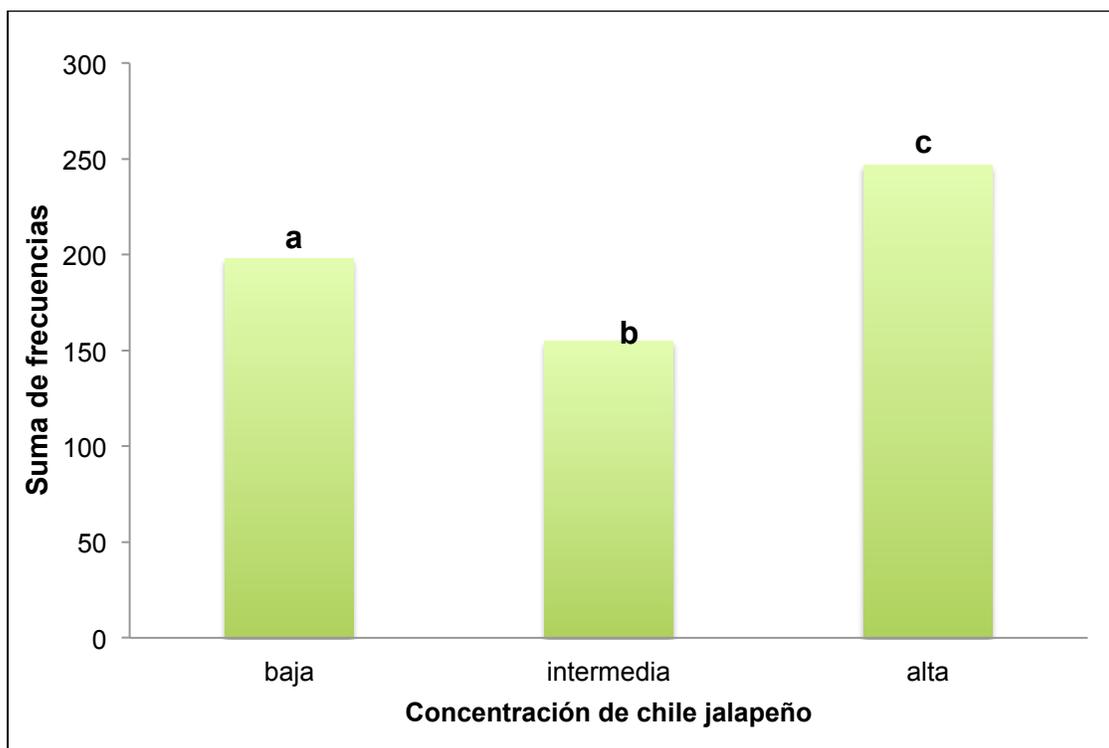


Figura 8.6. Resultados de la prueba de preferencia de queso con chile jalapeño.

abc Diferentes letras indican diferencia significativa con una  $\alpha=0.05$

Tabla 8.5. Resultados de la prueba de nivel de agrado de queso con chile jalapeño

Concentración de chile	Promedio de evaluaciones
Baja	4.75 <sup>a</sup> (no me gusta, ni me disgusta)
Intermedia	5.17 <sup>b</sup> (me gusta poco)
Alta	4.23 <sup>c</sup> (no me gusta, ni me disgusta)

abc Diferentes letras indican diferencia significativa con una  $\alpha=0.05$

En la prueba de preferencia se puede observar que los extremos de la concentración de chile (baja y alta) fueron los que se prefirieron menos. Esto puede deberse a que, si bien la concentración baja no tenía el picor deseado por algunos de los consumidores regulares de este producto, la muestra con una concentración alta era menos suave y se desmoronaba más.

Adicionalmente, se les pidió a los consumidores un comentario sobre lo que les gustó o no de las muestras que prefirieron. De esto, se encontró que si bien 27% cambiarían la textura del producto, a un 26% le gustó esa característica del mismo, lo cual se relaciona con el efecto negativo sobre la textura mencionado anteriormente. Los demás comentarios reflejaron que a un 10% de los consumidores les gustó el contenido de sal, contra un 21% que le pondrían más, algo que era de esperarse ya que el porcentaje de sal adicionado es ligeramente menor del que se encuentra normalmente en los quesos frescos. Era de interés desarrollar un producto que tuviera un contenido de sal bajo, sin sacrificar el sabor, por lo que se mantuvo la concentración de cloruro de sodio en un nivel menor. Lo anterior debido a la prevalencia de problemas de salud relacionados con un alto consumo de sal.

### **8.3.2 Queso con chile chipotle adobado**

Para esta formulación, el chile chipotle adobado comercial se agregó sin semillas y picado en trozos de aproximadamente 0.25 cm de lado, pero se tuvieron problemas en la estandarización del tamaño por la textura que presenta este producto, por lo que los trozos no tuvieron un tamaño homogéneo. Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo en la Facultad de Química de la UNAM, participando 100 consumidores habituales de chile chipotle (consumo promedio de una vez a la semana), 49 mujeres y 51 hombres, con un rango de edad de 18-25 años el 56%, y de 25 a 60 años el resto. Se manejó el mismo rango de concentraciones que en el queso con chile jalapeño, y las muestras también fueron codificadas con claves de tres dígitos. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se presentan en el Anexo 11.5.3.

La muestra de mayor preferencia (con la menor suma de frecuencias) y que gustó más (con un nivel de agrado entre “me gusta mucho” y “me gusta extremadamente”) fue la que tenía la concentración más baja de chile chipotle, como se observa en la Figura 8.7 y en la Tabla 8.6., respectivamente.

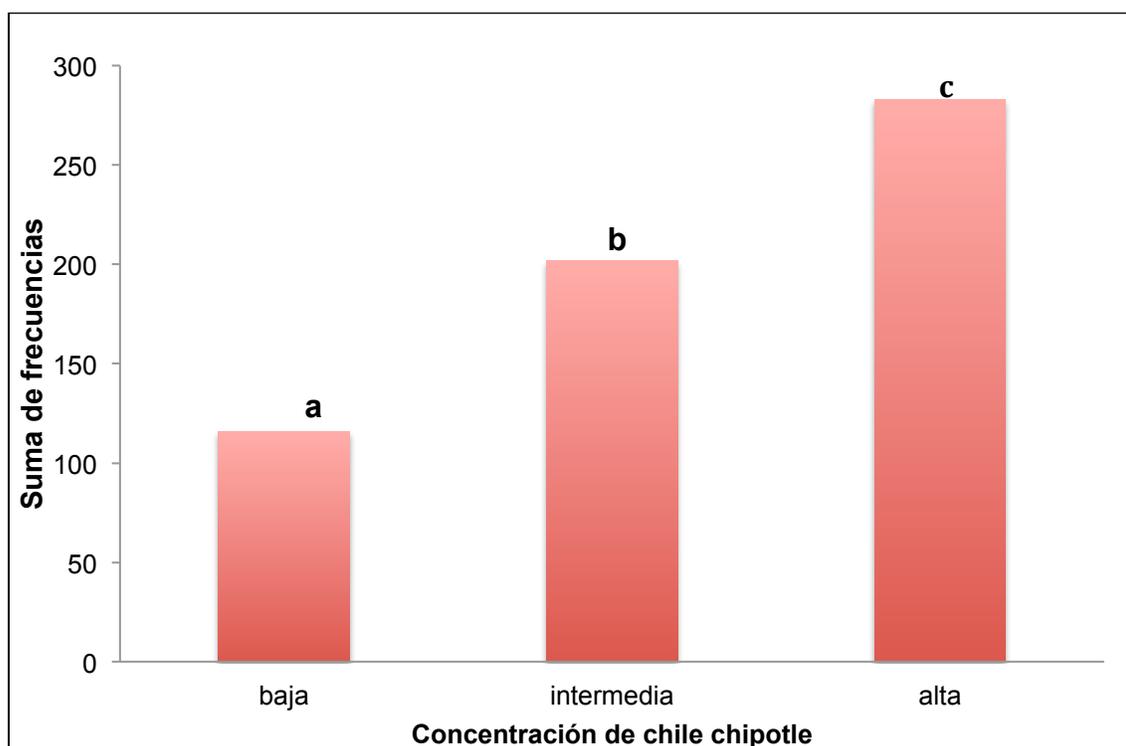


Figura 8.7. Resumen de la prueba de preferencia de queso con chile chipotle.

abc Diferentes letras indican diferencia significativa a un nivel de aceptación del 95%

Tabla 8.6. Resumen de la prueba de nivel de agrado de queso con chile chipotle

Concentración de chile	Promedio de evaluaciones
Baja	6.51 <sup>a</sup> (me gusta mucho)
Intermedia	5.02 <sup>b</sup> (me gusta poco)
Alta	3.77 <sup>c</sup> (me disgusta poco)

abc Diferentes letras indican diferencia significativa a un nivel de aceptación del 95%

En el caso de este queso, se observa que a medida que aumenta la cantidad de chile chipotle en la formulación, disminuyen la preferencia y el gusto por este. Lo anterior porque, a diferencia del chile jalapeño, el sabor y picor de este condimento es más intenso. Una pequeña cantidad es suficiente para aportar una nota agradable, pero un exceso del mismo lleva a que el producto se rechace. También hay que tomar en cuenta que en este queso se presentó un efecto negativo sobre la textura, debido a que los trozos de chile no tenían un tamaño tan uniforme como con el chile jalapeño.

Lo anterior se vio reflejando en los comentarios de los consumidores, en los que el 30% cambiaría la textura de la muestra que les gustó, contra un 19% a los que les sí les agradó. Además, un 28% modificaría el tamaño de los trozos de chile en el producto, haciéndolos más pequeños. Ambos problemas pueden solucionarse estandarizando el tamaño de los trozos de chile.

### **8.3.3 Queso con epazote**

Dado que, a diferencia de los productos anteriores, el ingrediente 'botanero' de este producto sólo existe en el mercado como hoja fresca, se decidió estandarizar un tratamiento previo que pudiera garantizar el empleo de éste, sin comprometer la seguridad sanitaria del producto final; además, está reportado que un tratamiento térmico incrementa el sabor característico presente en este condimento (Villegas, 2004).

Con este fin, se tomó como punto de partida el tratamiento propuesto por Villegas (2004), el cual consiste en lavar el epazote con agua corriente y detergente, desinfectarlo con hipoclorito y posteriormente escaldarlo en agua a 80 °C durante un minuto. La efectividad del método se evaluó mediante una cuenta en placa de mesófilos aerobios. En el caso de esta primera prueba, las cuentas que se obtuvieron después del tratamiento fueron del orden de  $14 \times 10^3$  UFC/g de epazote, por lo que se decidió modificarlo.

Primeramente se seleccionó el desinfectante. Se eligieron cuatro marcas de productos comerciales para desinfectar un lote de epazote con cada uno de ellos. Además, se desinfectó un lote con hipoclorito de sodio, un lote con un desinfectante no comercial con especies reductoras de cloro, y se conservó un lote sin desinfectar como referencia. Los resultados se resumen en la Tabla 8.7.

Tabla 8.7. Cuenta de mesófilos aerobios en placa de epazote desinfectado

Desinfectante (ingrediente activo)	Mesófilos aerobios (UFC/g)
Ninguno (control)	$60 \times 10^5$
A (plata coloidal al 0.32%)	$18 \times 10^5$
B (plata coloidal al 0.36%)	$12 \times 10^5$
C (hipoclorito de sodio)	$21 \times 10^4$
D (especies reductoras de cloro)	$15 \times 10^4$
E (mezcla de ácidos orgánicos A)	$20 \times 10^4$
F (mezcla de ácidos orgánicos B)	$20 \times 10^4$

Los resultados mostrados son el promedio de tres réplicas realizadas para cada desinfectante

Según las cuentas obtenidas, parecería que el mejor desinfectante es el que contiene especies reductoras de cloro, puesto que su poder desinfectante fue mayor, sin embargo, también fue el único que interfirió con el sabor y aroma del epazote, por lo que se eligió el desinfectante con mezcla de ácidos orgánicos.

Posteriormente, se procedió a evaluar un tratamiento térmico para reducir mayormente las cuentas y aumentar el sabor del condimento. Pruebas preliminares mostraron que el escaldado en agua no era la mejor opción, dado que el sabor se perdía completamente cuando se lograban eliminar todos los microorganismos, por lo que se decidió usar una cocción al vapor a una temperatura de 65 - 70 °C, y evaluar la carga microbiana (mesófilos aerobios) e intensidad del sabor a epazote a diferentes tiempos.

En el caso del sabor a epazote, este se evaluó con una escala de 5 puntos, donde el 1 corresponde a una ausencia completa de sabor y el 5 al sabor de la hoja sin tratamiento térmico. Los resultados se muestran en la Tabla 8.8

Tabla 8.8. Cuenta en placa de epazote tratado térmicamente

Tiempo de cocción (min.)	UFC/g	Sabor a epazote
0 (control)	$23 \times 10^4$	3
5	$11 \times 10^4$	4
10	$40 \times 10^3$	5
15	$21 \times 10^3$	5
20	$70 \times 10^2$	5
25	$54 \times 10^2$	5
30	$29 \times 10^2$	5
35	$50 \times 10^1$	4
40	$37 \times 10^1$	4
45	<30	3
50	<30	3

Los resultados mostrados son el promedio de tres réplicas realizadas para cada desinfectante

Considerando la cuenta microbiana y el sabor a epazote, se concluyó que el tiempo de cocción al vapor fuera de 45 minutos.

Con el tratamiento previo establecido, se llevaron a cabo las pruebas sensoriales adicionando el epazote pretratado picado finamente, manejando una concentración baja, intermedia y alta de acuerdo con lo reportado por Villegas (2004). Estas pruebas se hicieron con 100 consumidores habituales de epazote (que lo consumen en alimentos al menos una vez a la semana) de la Facultad de Química de la UNAM, 52 mujeres y 48 hombres, con un rango de edad de 18 a 25 años el 54%, y de 25-60 años el resto. Las muestras se codificaron con claves de tres dígitos. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se presentan en el Anexo 11.5.4.

La muestra que se prefirió (menor suma de frecuencias) y gustó más (con un nivel de agrado de “me gusta mucho”) fue la que tenía una concentración menor de epazote. Esto se puede observar en la Figura 8.10 y en la Tabla 8.9., respectivamente.

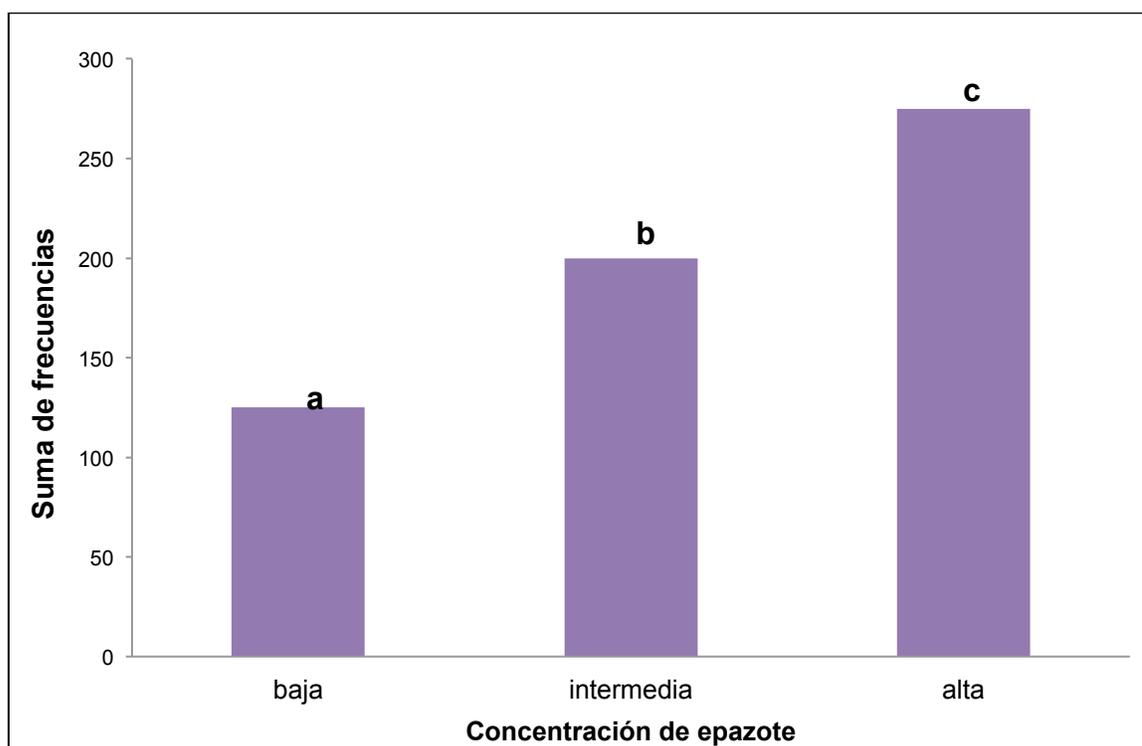


Figura 8.8. Resumen de la prueba de preferencia de queso con epazote.

abc Diferentes letras indican diferencia significativa a un nivel de aceptación del 95%

Tabla 8.9. Resumen de la prueba de nivel de agrado de queso con epazote

Concentración de epazote	Promedio de evaluaciones
Baja	6.55 <sup>a</sup> (me gusta mucho)
Intermedia	5.02 <sup>b</sup> (me gusta poco)
Alta	3.66 <sup>c</sup> (me disgusta poco)

abc Diferentes letras indican diferencia significativa a un nivel de aceptación del 95%

En este queso, como en el que tenía chile chipotle, la preferencia y el gusto fueron disminuyendo a medida que la cantidad de epazote se incrementaba. Esto puede deberse a que, por su sabor fuerte, grandes cantidades de este condimento resultan desagradables para el consumidor. Además, hay que mencionar que en este caso no existía un efecto sobre la textura, lo cual se confirmó considerando que sólo un 10% de los consumidores cambiarían la textura.

---

---

#### 7.4 Vida de anaquel

Para evaluar la vida de anaquel de las formulaciones se eligieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos indicativos de deterioro en el producto. Dentro de los primeros, se evaluó el porcentaje de acidez, pH, volumen de sinéresis y porcentaje de humedad.

La acidez y pH se evaluaron como parámetros indirectos de la actividad microbiana que pudiera desarrollarse en el producto. La humedad y sinéresis en queso son parámetros de calidad sensorial importantes, ya que la pérdida de humedad por medio de la sinéresis afecta a la textura del queso de manera desfavorable.

Los parámetros microbiológicos evaluados fueron mesófilos, coliformes, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, hongos y levaduras, parámetros establecidos en la norma vigente para este tipo de productos (*NOM-243-SSA1-2010*). De manera adicional, se llevó a cabo un TPA a tres tiempos (uno por semana) y se observaron los cambios en la textura que ocurrieron durante ese periodo.

Para todas las formulaciones el producto se mantuvo entero, envuelto en papel encerado y guardado en una bolsa de plástico, en refrigeración (4 °C), con el fin de simular las condiciones en las que esta clase de productos se almacena de manera típica.

Se consideró un periodo teórico de 15 días para la determinación, ya que es la vida de anaquel promedio de productos perecederos como éste. Las formulaciones que se evaluaron en este proyecto fueron elaboradas sin probióticos, ya que esa evaluación se realizó en un proyecto paralelo (Romero, 2011).

### 8.4.1 pH y Acidez

Las determinaciones de pH y porcentaje de acidez, Figuras 8.9 y 8.10, se llevaron a cabo para complementar el seguimiento de la posible actividad microbiana que se desarrollara en el queso.

Comparando los valores iniciales para las cuatro formulaciones, se observó que el queso blanco presentó el mayor valor de pH, debido a que los chiles en conserva que se adicionaron son de carácter ácido, y el ingrediente activo del desinfectante del epazote es una mezcla de ácidos orgánicos.

Esta formulación (blanco) también mostró el mayor descenso de pH, aunque no de acidez, de las cuatro formulaciones en su periodo de evaluación. Lo anterior se podría explicar con el hecho de que el desarrollo microbiano ocurre más rápido en esta formulación que en las otras (ver sección 8.4.4).

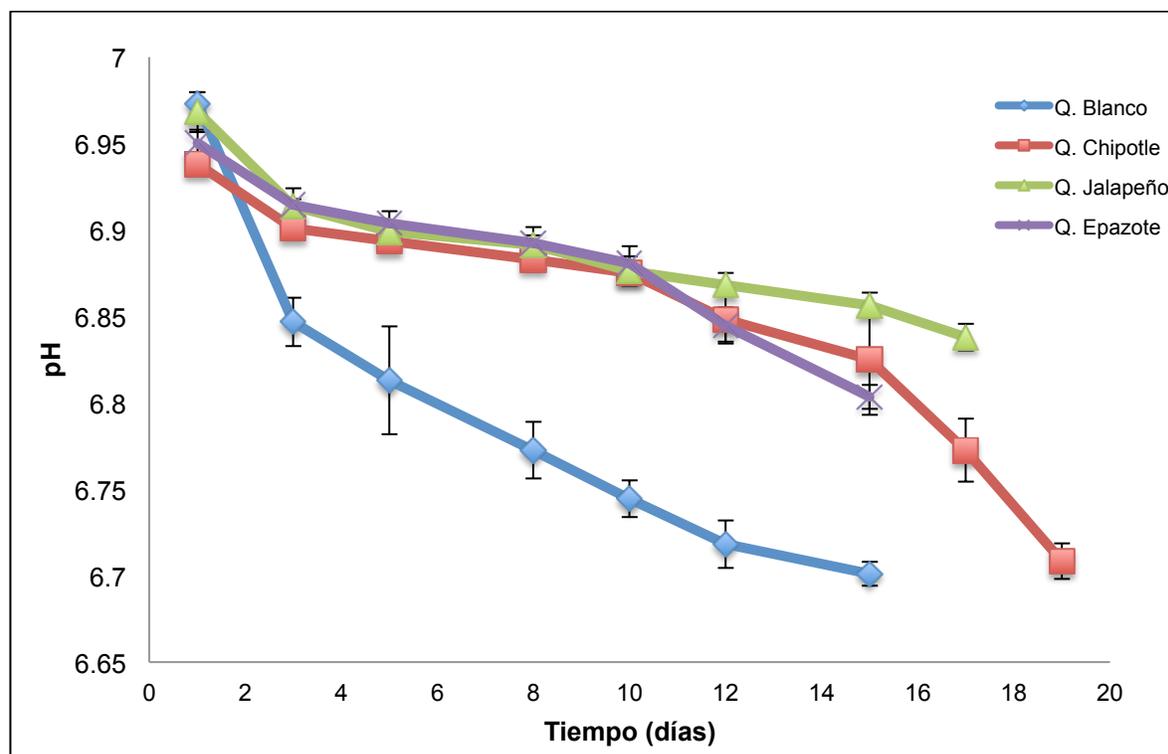


Figura 8.9. Variación del pH durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.

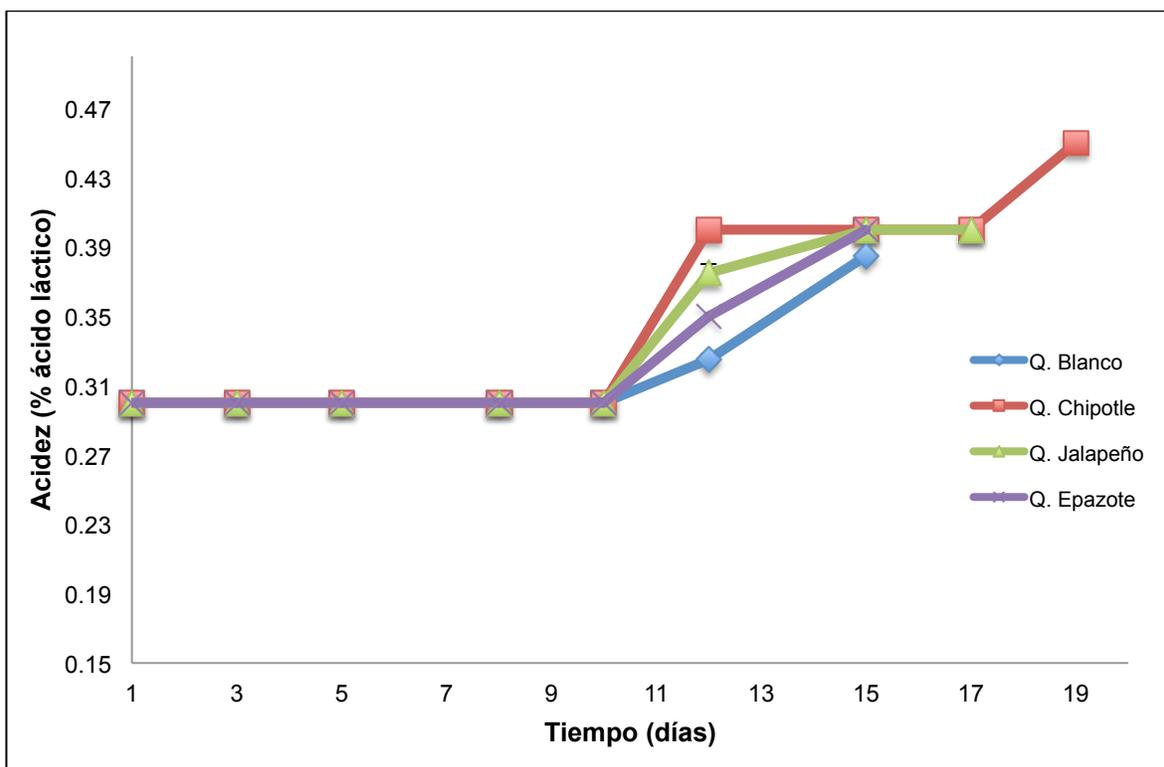


Figura 8.10. Variación de la acidez durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.

#### 8.4.2 Humedad y Sinéresis

La pérdida de agua (lactosuero) en los quesos se midió de dos formas: en la primera, se consideró el agua que salió de la matriz proteínica (sinéresis), y en la segunda se consideró el agua que permaneció dentro de dicha matriz (humedad).

La Figura 8.11, muestra el porcentaje de humedad y la Figura 8.12 el volumen de sinéresis. En general, la humedad disminuyó y la sinéresis aumentó con respecto al tiempo. Lo anterior se explica porque, a medida que pasa el tiempo, ocurre un reacomodo de las moléculas dentro del producto que ocasiona que se formen más enlaces entre las caseínas y la fibra, lo cual ejerce una presión sobre el conglomerado que, si bien es mínima, va expulsando cada vez más agua del interior.

Es interesante señalar que la menor pérdida de humedad y el menor cambio en volumen de sinéresis se encontró en el queso blanco, mientras que en los quesos botaneros ocurrió lo contrario.

Esto puede deberse a que los ingredientes adicionales en los quesos botaneros ejercen una interferencia en la formación de los enlaces proteínicos durante el prensado, provocando una disminución de la capacidad de retención de agua de la matriz.

Otro factor a considerar es que Jardón (2006) reportó que la concentración de capsaicina es directamente proporcional al aumento en la sinéresis de geles elaborados con diversos agentes gelificantes, lo que explicaría porque el queso con más chile (jalapeño) presentó una sinéresis mayor al que contenía menos (chipotle).

En el caso particular del queso con epazote, se observó que fue la formulación con la mayor pérdida de humedad durante su periodo de evaluación. Una posible causa de dicho fenómeno es que fue posible cortar el condimento en trozos más pequeños que los otros, dando como resultado una mayor cantidad de los mismos, que ejercen más interferencia en la red proteica del producto final.

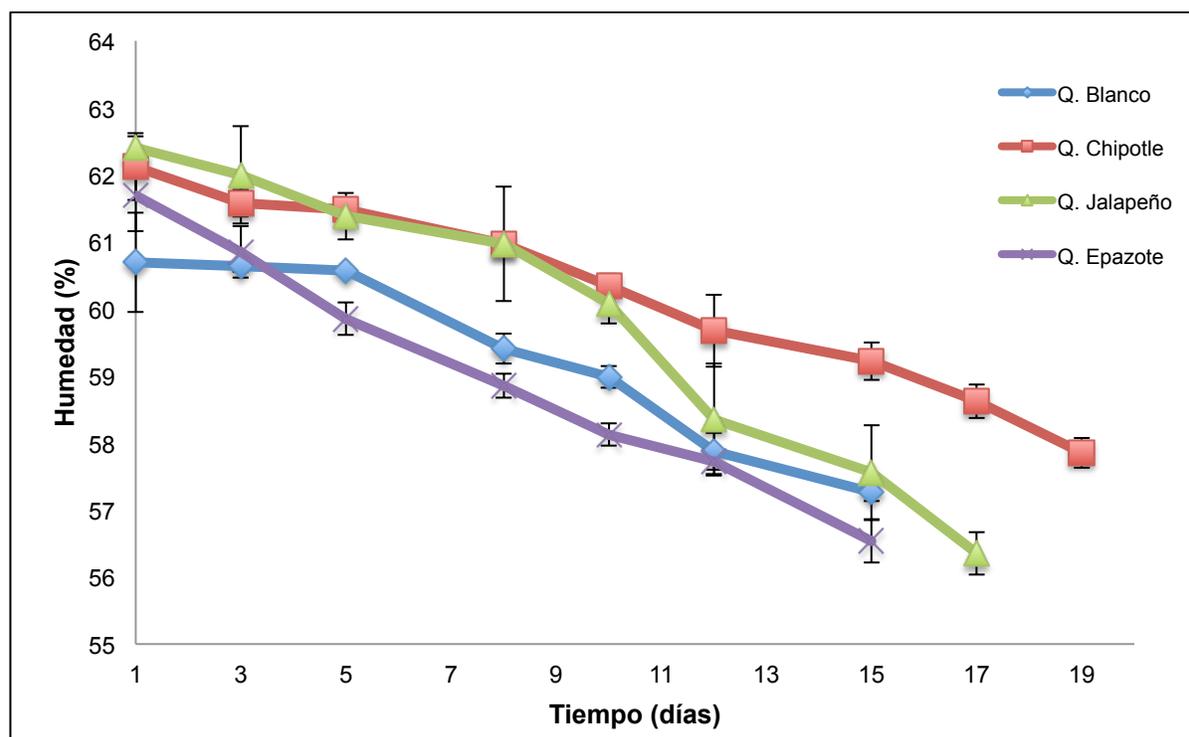


Figura 8.11. Variación del porcentaje de humedad durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.

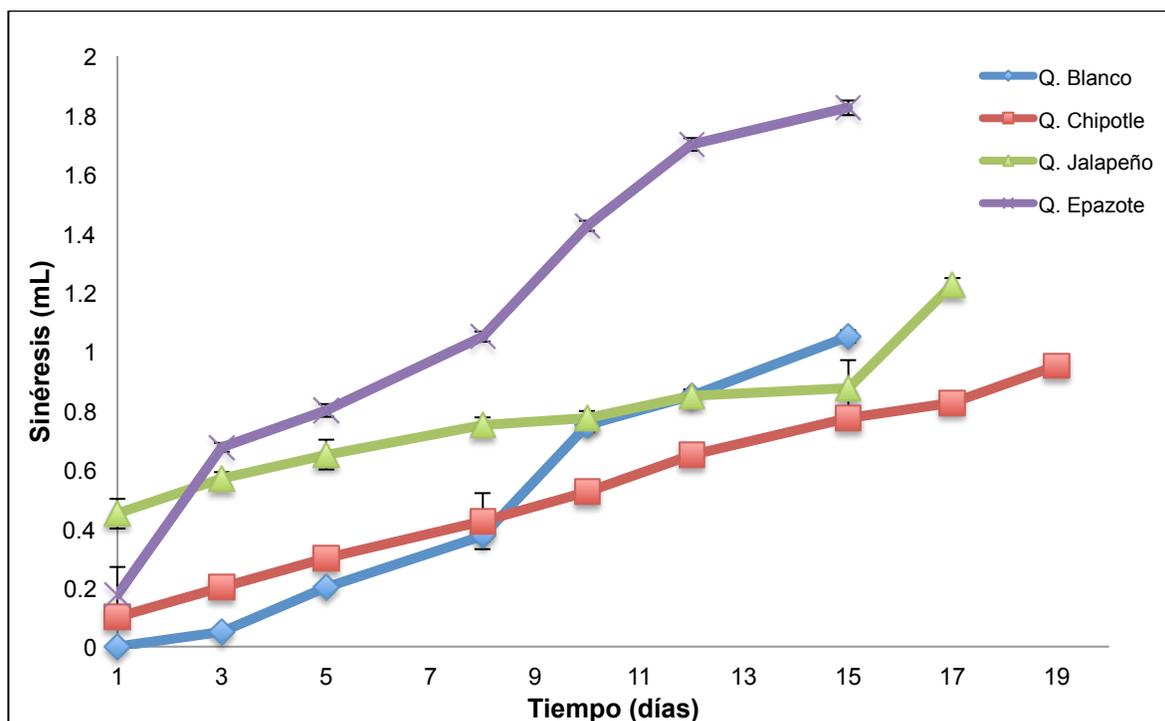


Figura 8.12. Variación del volumen de sinéresis durante la vida de anaquel de las cuatro formulaciones de queso funcional.

#### 8.4.3 Análisis de perfil de textura (TPA)

En la primera parte del proyecto (sección 8.2), se realizó un TPA para definir la cantidad de fibra que tuviera el mejor efecto sobre la textura del producto desarrollado. En esta sección, se aplicó el mismo análisis con el fin de conocer cómo se modificaban los parámetros de textura durante la vida de anaquel.

Se decidió realizar la evaluación a tres tiempos: al inicio, a la mitad y al final de ésta, y corresponden a los días 1, 8 y 15 de almacenamiento en refrigeración. Los resultados se resumen en la Tabla 8.10, las curvas y datos obtenidos de cada parámetro se encuentran en el Anexo 11.6 y 11.7

La dureza (fuerza necesaria para comprimir un alimento entre los dientes incisivos) y masticabilidad (energía requerida para la deglución de un alimento) aumentaron significativamente en todas las formulaciones y en el producto comercial durante la evaluación. Un aumento en estos parámetros se asoció con una baja aceptación por parte de los consumidores de quesos madurados bajos en grasa,

como lo reportó Mistry (2001), sin embargo los valores de dureza obtenidos entran dentro del rango para quesos frescos propuesto por Tunick (2010), además de que las formulaciones elaboradas tuvieron valores finales muy cercanos a los del producto comercial. Así, la calidad sensorial de los productos no se ve alterada durante su almacenamiento.

Comparando las formulaciones entre si se puede apreciar que, durante la segunda y tercera semana de evaluación, los quesos botaneros tuvieron una dureza significativamente mayor a la del queso blanco, a pesar de haber presentado un valor significativamente menor durante la evaluación inicial. Esta tendencia coincide con la de pérdida de humedad y aumento de sinéresis presentada en la sección anterior, lo que ya había sido reportado por Tunick (1991) y Pastorino (2003).

Una posible explicación de este fenómeno es que, considerando la función del agua como un lubricante de baja viscosidad entre la grasa y la caseína en el queso (Mehmet y Sundaram, 2003), podría suponerse que los nuevos enlaces formados entre los componentes del queso van gradualmente sustituyendo a los puentes de hidrógeno que se van perdiendo a medida que se expulsa agua, lo que hace más compacto al producto.

Con los datos obtenidos de elasticidad (aptitud para recuperar la forma inicial después de haber sido sometido a una fuerza deformante) para cada producto, se apreció que ésta fue en aumento con el tiempo, pero no presentó diferencia significativa entre las formulaciones, lo que ya había sido mencionado por Koca y Metin (2004) para este tipo de sustitutos de grasa.

En el caso de la cohesividad (que tanto se puede deformar un material antes de fracturarse), para el queso blanco se obtienen valores que permanecen constantes durante toda la evaluación, mientras que en los botaneros existe una disminución en cada tiempo, lo que indica que la humedad del queso es directamente proporcional a la cohesividad del mismo, como expuso Tunick (1991) para queso mozzarella bajo en grasa.

Tabla 8.10. Promedios de parámetros de textura para las muestras evaluadas durante la vida de anaquel

<b>Dureza (N)</b>			
Muestras	Día 1	Día 8	Día 15
Queso comercial	<sup>a</sup> 2.69 ± 0.167 <sup>v</sup>	<sup>b</sup> 3.32 ± 0.108 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 4.36 ± 0.034 <sup>v</sup>
Queso blanco	<sup>a</sup> 2.26 ± 0.121 <sup>w</sup>	<sup>b</sup> 3.25 ± 0.074 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 4.02 ± 0.065 <sup>w</sup>
Queso con chile jalapeño	<sup>a</sup> 2.177 ± 0.025 <sup>yx</sup>	<sup>b</sup> 3.24 ± 0.073 <sup>v,w</sup>	<sup>c</sup> 4.18 ± 0.07 <sup>v</sup>
Queso con chile chipotle	<sup>a</sup> 2.062 ± 0.029 <sup>xy</sup>	<sup>b</sup> 3.20 ± 0.046 <sup>w</sup>	<sup>c</sup> 4.20 ± 0.02 <sup>v</sup>
Queso con epazote	<sup>a</sup> 2.25 ± 0.054 <sup>zwy</sup>	<sup>b</sup> 3.35 ± 0.065 <sup>x</sup>	<sup>c</sup> 4.8 ± 0.15 <sup>x</sup>
<b>Elasticidad (mm)</b>			
Muestras	Día 1	Día 8	Día 15
Queso comercial	<sup>a</sup> 2.54 ± 0.0095 <sup>v</sup>	<sup>b</sup> 2.55 ± 0.0125 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 2.56 ± 0 <sup>v</sup>
Queso blanco	<sup>a</sup> 2.53 ± 0 <sup>w</sup>	<sup>b</sup> 2.55 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 2.56 ± 0.0057 <sup>v</sup>
Queso con chile jalapeño	<sup>a</sup> 2.54 ± 0 <sup>x</sup>	<sup>b</sup> 2.55 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 2.56 ± 0 <sup>v</sup>
Queso con chile chipotle	<sup>a</sup> 2.53 ± 0.0057 <sup>wx</sup>	<sup>b</sup> 2.55 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 2.56 ± 0 <sup>v</sup>
Queso con epazote	<sup>a</sup> 2.53 ± 0 <sup>w</sup>	<sup>b</sup> 2.54 ± 0 <sup>w</sup>	<sup>c</sup> 2.55 ± 0 <sup>w</sup>
<b>Cohesividad</b>			
Muestras	Día 1	Día 8	Día 15
Queso comercial	<sup>b</sup> 0.9 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>a</sup> 0.8 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>a</sup> 0.8 ± 0 <sup>v</sup>
Queso blanco	<sup>a</sup> 0.8 ± 0 <sup>w</sup>	<sup>a</sup> 0.8 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>a</sup> 0.8 ± 0 <sup>v</sup>
Queso con chile jalapeño	<sup>c</sup> 0.9 ± 0 <sup>v</sup>	<sup>b</sup> 0.85 ± 0.057 <sup>w</sup>	<sup>a</sup> 0.77 ± 0.05 <sup>v</sup>
Queso con chile chipotle	<sup>b</sup> 0.88 ± 0.05 <sup>v</sup>	<sup>b</sup> 0.825 ± 0.05 <sup>v</sup>	<sup>a</sup> 0.77 ± 0.05 <sup>v</sup>
Queso con epazote	<sup>c</sup> 1.0 ± 0.082 <sup>x</sup>	<sup>b</sup> 0.85 ± 0.057 <sup>w</sup>	<sup>a</sup> 0.8 ± 0 <sup>v</sup>
<b>Masticabilidad (J)</b>			
Muestras	Día 1	Día 8	Día 15
Queso comercial	0.00616 ± 0.0003 <sup>v</sup>	<sup>b</sup> 0.0067 ± 0.00021 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 0.0089 ± 0.00072 <sup>v</sup>
Queso blanco	<sup>a</sup> 0.0046 ± 0.00025 <sup>w</sup>	<sup>b</sup> 0.0066 ± 0.00015 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 0.0082 ± 0.000142 <sup>w</sup>
Queso con chile jalapeño	<sup>a</sup> 0.0049 ± 0.000058 <sup>x</sup>	<sup>b</sup> 0.007 ± 0.00035 <sup>w</sup>	<sup>c</sup> 0.0086 ± 0.0006 <sup>x</sup>
Queso con chile chipotle	<sup>a</sup> 0.0046 ± 0.00026 <sup>w</sup>	<sup>b</sup> 0.0067 ± 0.00041 <sup>v</sup>	<sup>c</sup> 0.0083 ± 0.00051 <sup>w</sup>
Queso con epazote	<sup>a</sup> 0.0052 ± 0.00033 <sup>w</sup>	<sup>b</sup> 0.0072 ± 0.00032 <sup>w</sup>	<sup>c</sup> 0.0099 ± 0.0003 <sup>y</sup>

Los datos son promedio de las cuatro réplicas. <sup>a,b,c</sup> Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de una fila. <sup>v,w,x,y,z</sup> Distinta letra indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de una columna (p<0.05).

---

---

#### 8.4.4 Análisis microbiológico

Las especificaciones microbiológicas fueron las que determinaron la vida de anaquel de las cuatro formulaciones puesto que, al tratarse de un producto perecedero sin ningún tipo de conservador, son el primer parámetro que afecta la calidad del producto, así como su inocuidad. Los análisis que se llevaron a cabo fueron de microorganismos indicadores (mesófilos aerobios, hongos y levaduras, coliformes totales) y de dos patógenos asociados a queso (*Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*).

En los lotes de todas las formulaciones no se detectó crecimiento de algún microorganismo durante la primer semana de evaluación, lo cual confirma la buena calidad de la materia prima, y las buenas practicas de manufactura que se implementaron durante el proceso de elaboración.

Ambos patógenos se mantuvieron ausentes durante toda la evaluación, lo cual se esperaba ya que la principal fuente de contaminación de estos microorganismos en queso se da por la manipulación del producto por parte del operario y por la leche (materia prima). Estos dos puntos se controlaron con buenas practicas de manufactura y verificando la calidad de la materia prima.

En el caso de los mesófilos aerobios (ver Figura 8.13) se puede observar que todas las formulaciones tuvieron una tendencia similar (después del día 5 aumentan las cuentas arriba de  $10^2$  UFC/g), aunque los quesos botaneros mostraron una cuenta menor en el mismo periodo, lo cual se puede atribuir a la mayor pérdida de humedad en éstos y, en el caso del queso con chile chipotle, al posible efecto bacteriostático que ejercen las especias presentes en el producto sobre los microorganismos (Dorantes *et al* , 2000).

Un caso similar se observó con los coliformes totales, cuyo desarrollo se muestra en la Figura 8.14, donde el queso con chile chipotle adobado terminó con la cuenta mínima de éstos, mientras que en los otros tres quesos las cuentas pasaron los límites permitidos, marcando el fin de su periodo de vida de anaquel.

La vida de anaquel de la formulación con chipotle fue marcada por la presencia de hongos y levaduras, cuyo desarrollo se aprecia en la Figura 8.15. Para los otros quesos el crecimiento de éstos fue mínimo y en el caso del queso blanco

nulo. Lo anterior probablemente se debe a que estas formulaciones no se evaluaron el tiempo suficiente para alcanzar el mismo desarrollo que en el queso con chipotle y/o a que el efecto bacteriostático presente en el producto favoreció el desarrollo de dichos microorganismos al eliminar la microbiota competitiva.

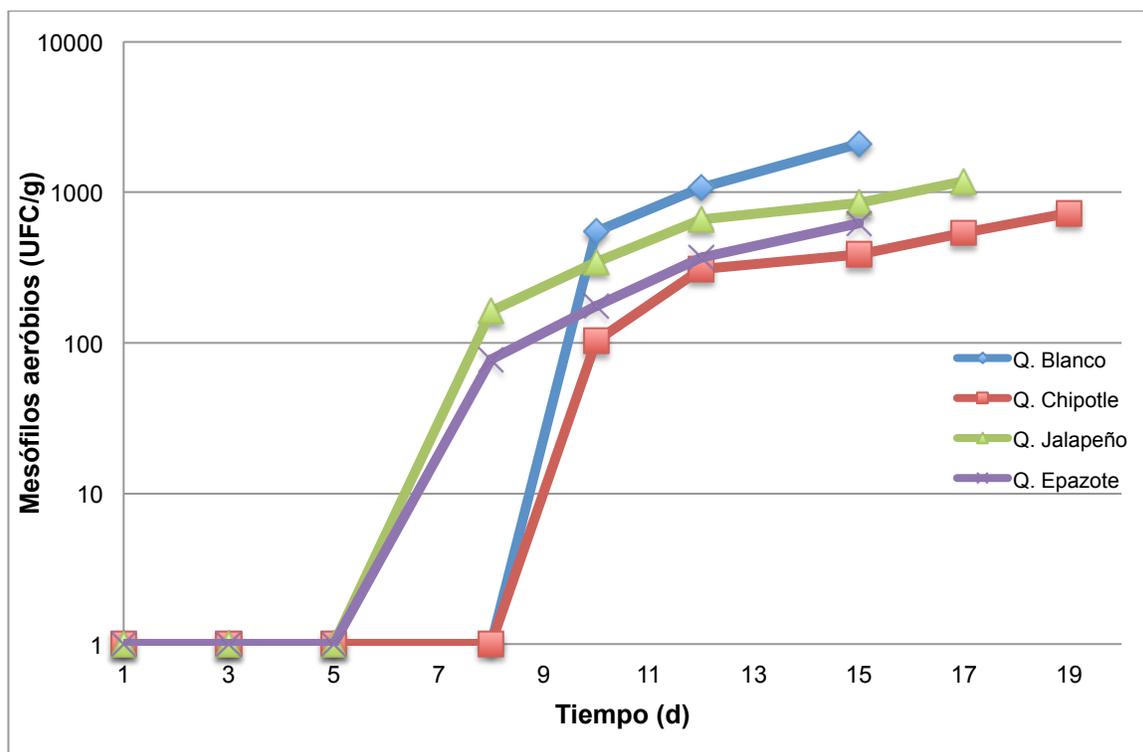


Figura 8.13. Variación de la cuenta de mesófilos aerobios durante la vida de anaquel en las cuatro formulaciones de queso.

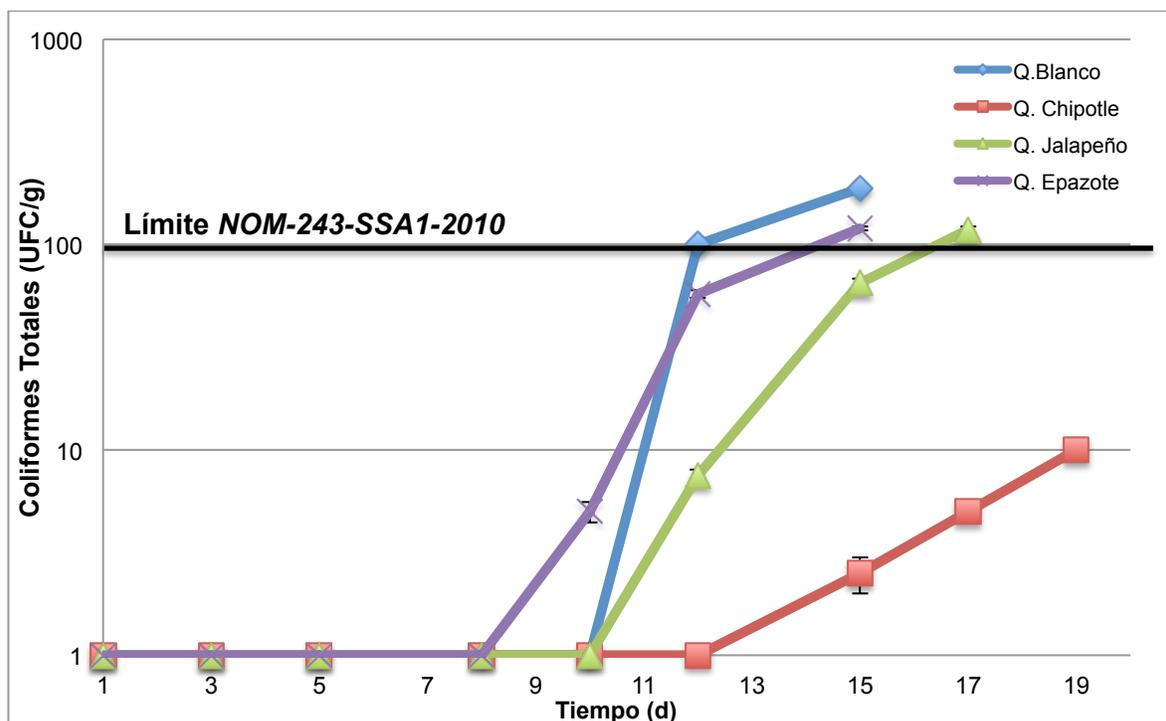


Figura 8.14. Variación de la cuenta de coliformes totales durante la vida de anaquel en las cuatro formulaciones de queso.

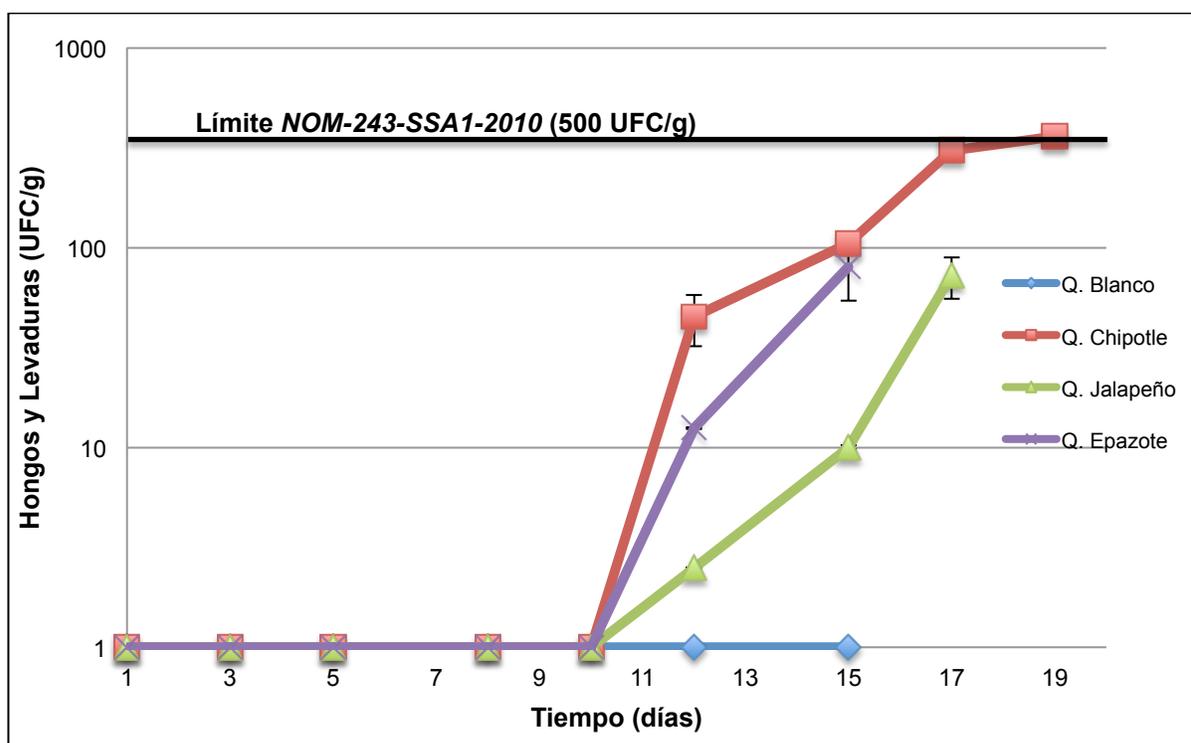


Figura 8.15. Variación de las cuentas de hongos y levaduras durante la vida de anaquel en las cuatro formulaciones de queso.

#### 8.4.5 Tiempo de vida de anaquel

Considerando los resultados anteriores, la vida de anaquel para cada una de las formulaciones se resume en la siguiente tabla:

Tabla 8.11. Vida de anaquel estimada para las cuatro formulaciones de queso

Formulación	Vida de anaquel
Queso blanco	12 días
Queso con chile jalapeño en escabeche	16 días
Queso con chile chipotle adobado	17 días
Queso con epazote	14 días

Todas las formulaciones entran en el periodo de tiempo esperado para los quesos frescos, que es de 15 a 20 días (Villegas, 2004), con la excepción del queso blanco, el cual queda ligeramente por debajo del mismo, posiblemente debido a que este queso no tenía el efecto conservador adicional de los condimentos o a su humedad elevada.

Hay que considerar que en esta evaluación se empleó un empaque muy simple, por lo que el uso de un empaque más especializado, por ejemplo uno con atmósfera modificada, puede ampliar significativamente el tiempo de vida del producto. Si bien, el efecto de dicho empaque no pudo evaluarse en este proyecto, queda como una perspectiva para futuros estudios.

#### 8.5 Evaluación sensorial de los productos terminados

Se compararon las cuatro formulaciones elaboradas, con probióticos adicionales según la metodología propuesta por Romero (2011), contra productos comerciales empleando una prueba de nivel de agrado.

Para llevar a cabo la comparación, se seleccionó una línea comercial de una misma marca que tuviera productos con los condimentos que se utilizaron en este proyecto. Se encontró sólo una marca en el mercado que maneja los mismos condimentos, con la diferencia de que éstos no eran reducidos en grasa y no contenían fibra, ni probióticos. Sólo el queso blanco, de una marca distinta, era reducido en grasa.

Adicionalmente, se decidió elaborar las formulaciones de queso con chile empleando preparados desarrollados en el laboratorio (cuyas formulaciones se describen en el Anexo 11.9).

La evaluación sensorial fue una prueba de nivel de agrado, como la que se empleó para determinar la cantidad a adicionar de cada ingrediente en la sección 8.3, con la diferencia que en este caso se manejó una escala más amplia (de nueve puntos), que da a los consumidores más opciones para distinguir el gusto por cada par de productos, manteniendo la premisa de que ambos quesos son muy similares en sus características organolépticas.

### **8.5.1 Queso blanco**

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo con 100 consumidores habituales de queso fresco (que lo consumieran al menos una vez a la semana) de la Facultad de Química de la UNAM, 53 mujeres y 47 hombres, y con un rango de edad de 18 a 25 años el 72%, y de 26 a 60 años el resto. Ambas muestras se presentaron codificadas con números de tres dígitos. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se presentan en el Anexo 11.8.1.

Los resultados mostraron que ambos productos obtuvieron calificaciones promedio similares (formulación desarrollada: 6.55; producto comercial: 6.24) pero significativamente diferentes, lo cual indica que la formulación desarrollada gustó más que la comercial, aunque ambas muestras tuvieron una calificación de “me gusta poco”.

Para conocer más acerca del motivo de gusto por el producto se les indicó a los consumidores que señalaran si modificarían algo del producto desarrollado. Un 11% de los consumidores mencionaron que modificarían la textura, un 10% le pondrían más sal, un 4% le pondrían menos sal, y el otro 75% restante no realizarían ninguna modificación.

---

---

### **8.5.2 Queso con chile jalapeño en escabeche**

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo con 100 consumidores habituales de chile jalapeño (que lo consumieran al menos una vez a la semana) de la Facultad de Química de la UNAM, 59 mujeres y 41 hombres, con un rango de edad de 18 a 25 años el 65%, y de 26 a 60 años el resto. Ambas muestras se presentaron codificadas con números de tres dígitos. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se presentan en el Anexo 11.8.2.

Los resultados mostraron que ambos productos obtuvieron calificaciones promedio similares (formulación desarrollada: 6.77; producto comercial: 6.19) pero significativamente diferentes, lo cual indica que la formulación desarrollada gustó más que la comercial, teniendo una calificación más cercana a “me gusta moderadamente”

Con respecto a los cambios que los consumidores harían en el producto, un 11% dijo que modificaría la textura, un 15% le pondrían chile más picado, un 9% le pondrían más chile, un 8% menos chile, un 9% menos sal, y el restante 42% no le haría cambios.

### **8.5.3 Queso con chile chipotle adobado**

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo con 100 consumidores habituales de chile chipotle (que lo consumieran al menos una vez a la semana) de la Facultad de Química de la UNAM, 47 mujeres y 53 hombres, con un rango de edad de 18 a 25 años el 70%, y de 26 a 60 años el resto. Ambas muestras se presentaron codificadas con números de tres dígitos. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se presentan en el Anexo 11.8.3.

Los resultados arrojaron que ambos productos obtuvieron calificaciones promedio cercanas (formulación desarrollada: 6.87; producto comercial 5.89) pero significativamente diferentes, lo cual indica que la formulación desarrollada gusto más que la comercial, y tiene la calificación de “me gusta mucho”

Con respecto a si le harían alguna modificación al producto, un 27% de los consumidores mencionaron que modificarían la textura, un 19% le pondrían chile

---

---

más picado, un 22% le pondrían menos chile, un 8% más chile, un 13% más sal, y el restante 19% no le haría cambios.

#### **8.5.4 Queso con epazote**

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo con 100 consumidores habituales de alimentos con epazote (que lo consumieran al menos una vez a la semana) de la Facultad de Química de la UNAM, 47 mujeres y 53 hombres, con un rango de edad de 18 a 25 años el 72%, y el resto de 26 a 60 años. Los datos completos de estas pruebas, incluyendo el cuestionario aplicado, se presentan en el Anexo 11.8.4.

Los resultados mostraron que ambos productos obtuvieron calificaciones promedio (formulación desarrollada: 6.8; producto comercial: 6.29) significativamente diferentes, lo cual indica que la formulación desarrollada gusto más que la comercial, aunque ambas tuvieran una calificación de “me gusta poco”.

Entre los comentarios hechos por los consumidores sobre posibles cambios al producto, el 11% mencionó que modificarían la textura, el 29% le pondrían epazote más picado, el 19% le pondrían menos epazote, el 13% más sal, y el restante 28% no le haría cambios.

#### **8.5.5 Análisis comparativo final**

Como en el caso de las formulaciones de quesos botaneros la comparación tuvo que realizarse contra quesos con un contenido regular de grasa, esto ocasionó que al menos 10% de los consumidores en cada encuesta sugirieran cambios a la textura de las formulaciones desarrolladas en el laboratorio, a pesar de que en todos los casos esos productos recibieron una aceptación mayor que las contrapartes comerciales.

Recordando que, en la sección 8.2 se estableció que no existía diferencia significativa entre la textura de las formulaciones con la concentración de fibra establecida y el producto bajo en grasa comercial, se decidió comparar el nivel de agrado de las formulaciones desarrolladas contra el de este producto. Los resultados se muestran en la Figura 8.16; en ella se puede observar que el nivel de agrado de los quesos formulados fue mayor que la del queso comercial, lo que indica que al

comercializarlos como productos bajos en grasa, tendrán una mayor aceptación que los otros quesos comerciales que entran dentro de la categoría “bajo en grasa”. Vale la pena señalar que no existen quesos frescos bajos en grasa con estos condimentos en el mercado. Los otros comentarios de los consumidores fueron similares a los que se recibieron en la formulación de los quesos botaneros (falta de sal y tamaño de trozo), por lo que las consideraciones serán las mismas.

En vista de los resultados obtenidos, se puede concluir que todas las formulaciones presentaron mejor nivel de agrado que un producto comercial bajo en grasa. Finalmente, como los quesos se elaboraron con los preparados de chile formulados en el laboratorio, se puede considerar que dichos preparados son adecuados para la elaboración de los quesos botaneros.

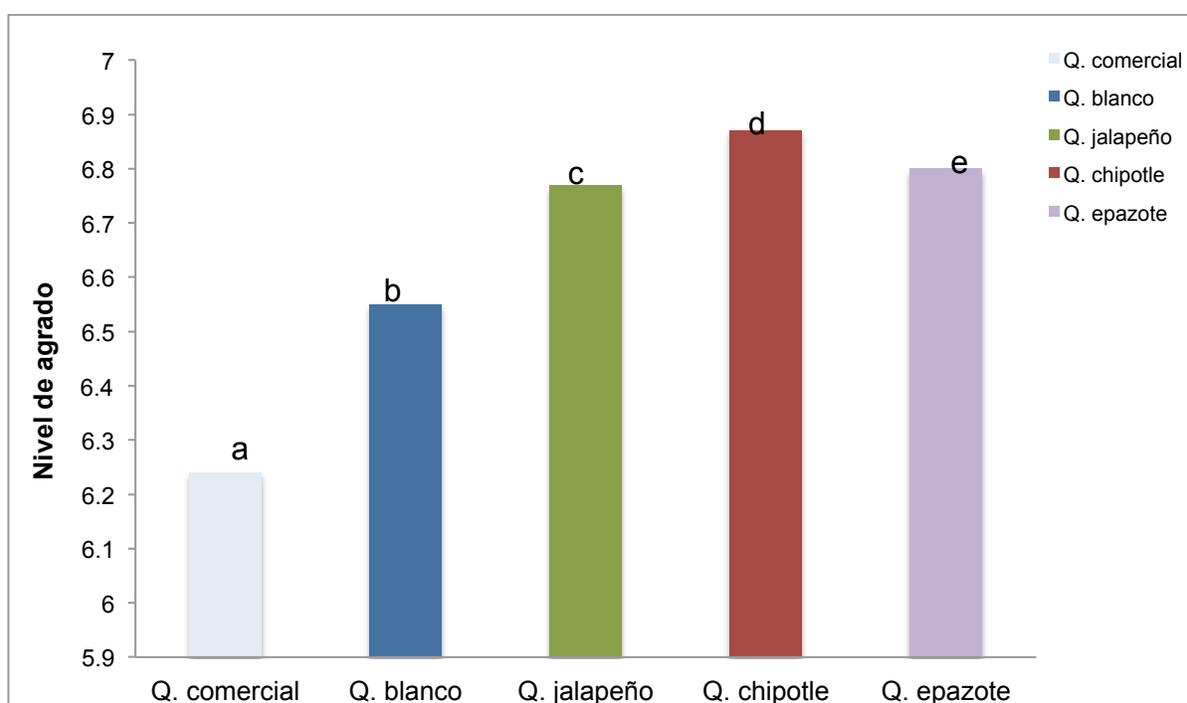


Figura 8.16. Nivel de agrado de las cuatro formulaciones y un producto comercial.

abcde Diferente letra indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

---

---

### 8.6 Análisis nutrimental y de costos

Para finalizar el análisis del producto terminado, se llevó a cabo una comparación del contenido nutrimental y del costo total por 100 gramos de producto. La comparación se realizó frente a quesos panela bajos en grasa disponibles en el mercado, que cumplieran la definición de la *NOM-243-SSA1-2010* de queso, descartando todos los productos que contienen grasa vegetal en su composición.

Para ambas evaluaciones, se consideró que el rendimiento por cada 2 litros de leche es de 300g, el cual es el rendimiento promedio de todas las piezas de queso que se elaboraron durante el proyecto (sección 8.2.3).

La información nutrimental del producto elaborado se obtuvo a partir de parámetros teóricos, ya que, si se desea conocer el valor nutrimental exacto se tendría que llevar a cabo un análisis proximal del producto en cuestión. La información de los productos comerciales se obtuvo a partir del estudio de calidad de queso panela elaborado por la Procuraduría Federal del Consumidor en Julio del 2011.

El costo total de los productos elaborados se calculó considerando el precio de las materias primas, y estimando el costo del equipo, mano de obra, y servicios, como 30 % del costo subtotal de las materias primas. El cálculo de los costos para las cuatro formulaciones se describe en la Tabla 8.12, mientras que la comparación incluyendo el contenido nutrimental se muestra en la Tabla 8.13.

Tabla 8.12. Cálculo de los costos para las formulaciones desarrolladas por 250g de producto (costo dado en MXN)

Ingredientes	Queso blanco	Queso con chile jalapeño	Queso con chile chipotle	Queso con epazote
Leche	\$25	\$25	\$25	\$25
Fibra soluble	\$0.9	\$0.9	\$0.9	\$0.9
Probióticos	\$7.9	\$7.9	\$7.9	\$7.9
Cuajo comercial	\$0.82	\$0.82	\$0.82	\$0.82
Cloruro de calcio	\$1.18	\$1.18	\$1.18	\$1.18
Sal de mesa	\$1.0	\$1.0	\$1.0	\$1.0
Ingrediente botanero		\$0.75	\$0.97	\$0.90
Equipo, mano de obra y servicios	\$11.04	\$11.27	\$11.33	\$11.31
<b>Total</b>	<b>\$47.84</b>	<b>\$48.80</b>	<b>\$49.10</b>	<b>\$49.01</b>

Tabla 8.13. Comparación del contenido nutrimental y de costos de los productos desarrollados en el laboratorio contra productos comerciales

Producto	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Aporte calórico (Kcal/100g)	Precio por 100g
Queso Lala Light	58.8	12.50	20.10	213	\$8.20
Queso Nochebuena Lite	62.5	12.75	19.51	200	\$13.50
Queso Esmeralda Light	62.7	14	17.58	206	\$7.75
Queso blanco	60.70	8	21.25	189	\$19.14
Queso con chile jalapeño	62.41	8	21.25	190	\$19.52
Queso con chile chipotle	62.20	8	21.25	190	\$19.52
Queso con epazote	61.69	8	21.25	190	\$19.52

Se puede apreciar que el costo del producto desarrollado es más elevado en comparación con los productos comerciales (hasta 50% más), lo cual se atribuye a un costo adicional por la presencia de probióticos en las formulaciones y a que se consideraron los precios al menudeo de las materias primas.

Pero, si se considera por un lado que los productos elaborados tienen un porcentaje de grasa 4 % menor a los comerciales (que ya se consideran como bajos en grasa), y por lo mismo, un aporte calórico menor (2 % menos), además del efecto benéfico para la salud asociado con el consumo de los ingredientes funcionales presentes en las formulaciones desarrolladas, se puede decir que el beneficio de los productos compensa el alto costo de los mismos, especialmente si se tiene en cuenta que no existe un punto de comparación en el mercado.

---

---

## 9. CONCLUSIONES

- La etapa óptima de adición de la fibra soluble, considerando la menor pérdida y menor manipulación durante el procesamiento, es al inicio del proceso directamente sobre la leche fluida.
- Una concentración intermedia de fibra le confiere al queso bajo en grasa una textura similar a la de un producto comercial del mismo tipo y fue la más preferida por los consumidores.
- El mejor tratamiento para disminuir la carga microbiana del epazote fue la utilización de un desinfectante cítrico combinado con un tratamiento térmico (cocción al vapor) por 45 minutos.
- Se lograron formular quesos frescos bajos en grasa, adicionados de fibra y con ingredientes tradicionales, que no existen en el mercado.
- Se observó un efecto antibacteriano en el queso con chile chipotle adobado.
- Los parámetros microbiológicos son los determinantes en la vida de anaquel de los quesos frescos, y fue de entre 15 y 20 días para los productos desarrollados.
- Los quesos elaborados tuvieron una mayor aceptación que los productos comerciales, aunque se sugiere mejorar la textura debe ser mejorada considerando que la idea es que sean bajos en grasa.
- Los quesos desarrollados tienen potencial de comercialización dados los beneficios que aportan al consumidor por la adición de ingredientes funcionales y a la ausencia de productos simbióticos en el mercado.

---

---

## 10. PERSPECTIVAS

- Optimizar la textura de las formulaciones mediante la utilización de aditivos.
- Escalar el proceso de elaboración de las formulaciones a nivel de planta piloto.
- Evaluar el efecto de un empaque sobre la vida de anaquel de los productos elaborados.
- Ampliar la línea de quesos funcionales, contemplando diferentes ingredientes de origen vegetal, como nuez, nopal, piñón, pistache, pepita de calabaza, etc.
- Hacer pruebas con modelos animales para demostrar el efecto funcional de la formulación de queso blanco.

---

---

## 11. ANEXOS

### 11.1 Proceso de elaboración final para los quesos funcionales

#### 11.1.1 Formulación

La formulación final para los quesos funcionales, considerando los resultados obtenidos en la primer parte del trabajo, incluyen:

- Leche semidescremada, pasteurizada, homogeneizada
- $\text{CaCl}_2$  <10%
- Cuajo líquido natural (0.2 mL/L de leche utilizada)
- Fibra soluble (2-6% con respecto al volumen de leche)
- 1.5-2.0% NaCl (con respecto al peso de cuajada)
- 4-7% de chile jalapeño en escabeche, 2-4% de chile chipotle adobado, ó 2-5% de epazote pre-tratado (con respecto al peso de la cuajada)
- Probióticos comerciales (% variable de acuerdo a proveedor)

Notas:

- El cloruro de calcio se debe de preparar y esterilizar al menos 24 horas antes de elaborar el queso.
- El cuajo debe de diluirse en agua potable o leche, en una proporción 1:10, e incubarse a 30°C durante 10 min., antes de adicionarse a la leche.
- Ambos chiles deben de picarse previamente a su adición, removiendo todas las semillas de estos, en pedazos de alrededor de 0.25 cm de lado.
- El epazote debe de adicionarse picado, siendo pretratado antes de su adición al queso (con el pretratamiento mostrado en la sección 8.3.3)

#### 11.1.2 Proceso

El proceso de elaboración de quesos funcionales, con la etapa de adición de fibra (sección 8.1) y la cantidad de la misma (sección 8.2) estandarizadas se presenta a continuación:

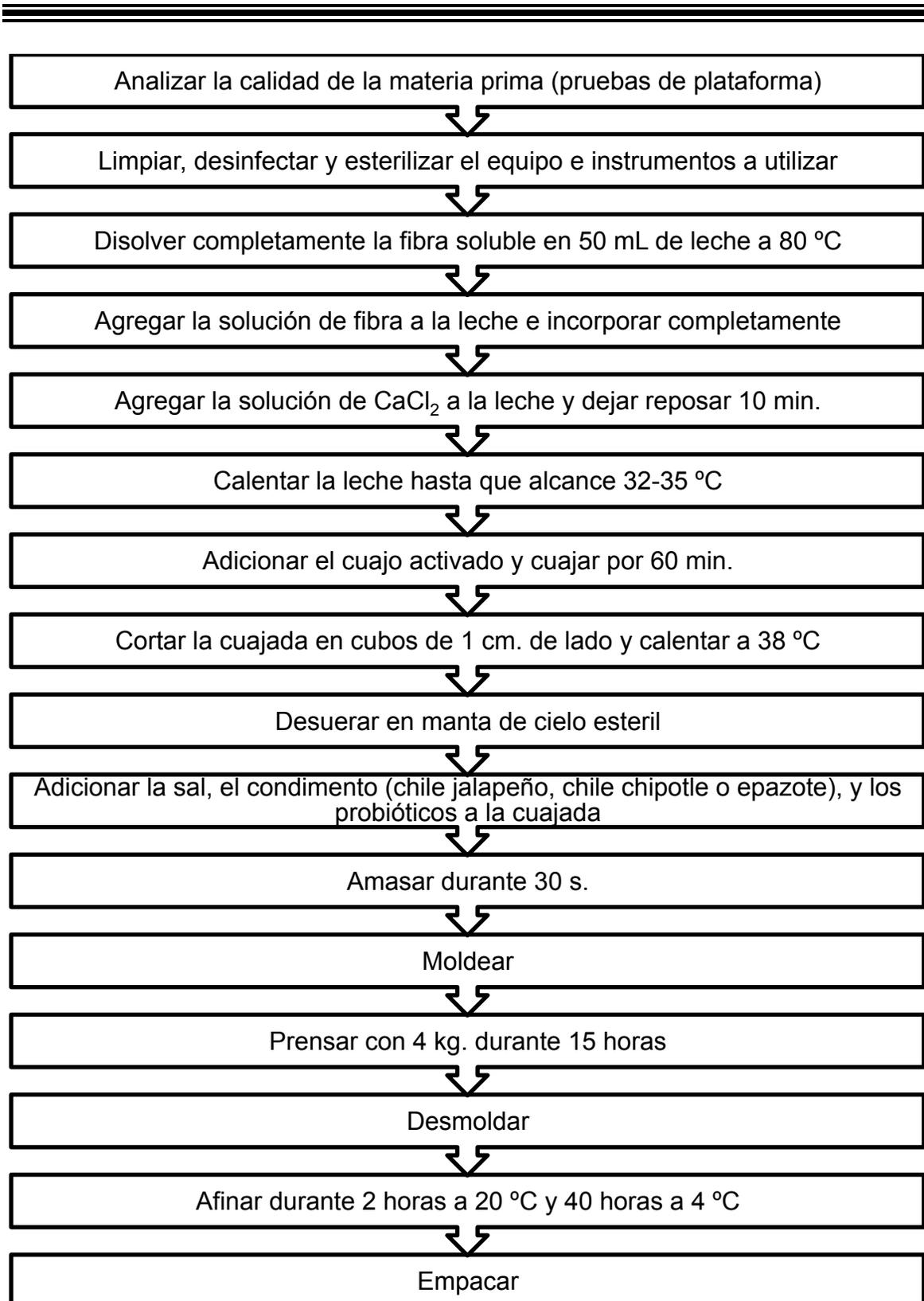


Figura 11.1. Proceso de elaboración de queso funcional.

---

---

## 11.2 Método Fenol-Sulfúrico para la cuantificación de carbohidratos

### 11.2.1 Descripción

Es un método espectrofotométrico que se fundamenta en que los carbohidratos, en medios fuertemente ácidos y bajas temperaturas, sufren deshidrataciones simples y producen varios derivados del furano que se condensan con el fenol dando origen a compuestos coloridos. Todos los carbohidratos, como oligosacáridos y polisacáridos, pueden ser determinados con este método, recordando que éstos, bajo hidrólisis ácida, producen monosacáridos.

Las ventajas que ofrece este método son:

- Es sencillo y rápido
- No existe interferencia con proteínas
- Tiene alta reproducibilidad
- Es específico para cada carbohidrato

### 11.2.2 Metodología

1. Preparar una solución, suspensión, o dilución de la muestra en agua, procurando que los carbohidratos se encuentren en el intervalo de sensibilidad del método (10-100  $\mu\text{g/mL}$ ).
2. Colocar 1 mL de la solución, suspensión o dilución anterior en un tubo de ensayo.
3. Adicionar 0.6mL de una solución de fenol al 5% y agitar vigorosamente. A continuación adicionar 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado y homogeneizar la muestra.
4. Dejar enfriar a temperatura ambiente (aproximadamente 30 min.).
5. Determinar la intensidad de color naranja obtenido en un colorímetro a 480 nm, frente a un blanco preparado de la misma manera.
6. Calcular la cantidad de carbohidratos presentes en la muestra a partir de una curva patrón preparada con el carbohidrato de interés en el intervalo del método, que contenga por lo menos 5 puntos, tratada de la misma manera del problema.

### 11.2.3 Curva de calibración para fibra soluble

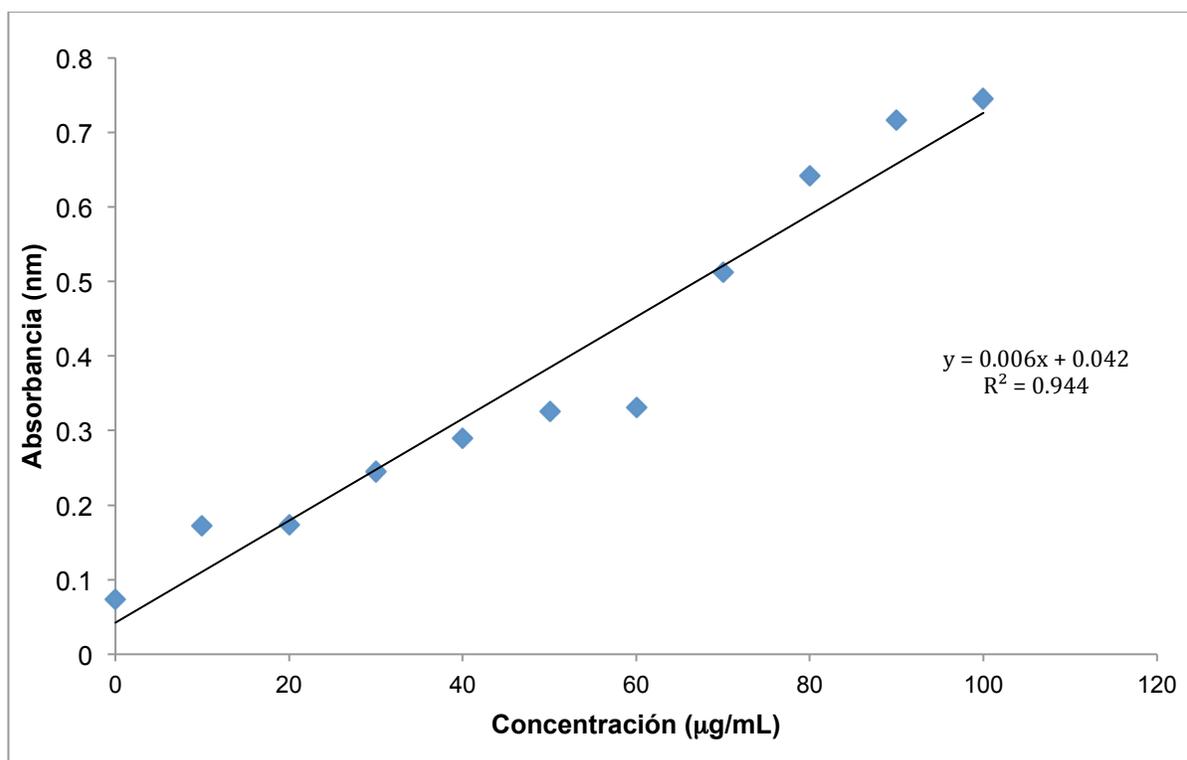


Figura 11.2. Curva de calibración elaborada para la cuantificación de fibra soluble.

### 11.3 Resultados completos del TPA para quesos con diferente cantidad de fibra

A continuación se muestran todos los datos de los parámetros que se obtuvieron a partir del texturómetro para las muestras de queso con diferente cantidad de fibra, incluyendo los promedios y la desviación estándar de cada uno.

Tabla 11.1. Resultados del TPA aplicado a diversas muestras de queso blanco

Muestra	No réplica	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Masticabilidad (J)
Queso comercial	1	4.24	2.55	0.7	0.0076
	2	3.61	2.56	0.7	0.0065
	3	3.97	2.56	0.7	0.0071
	4	3.82	2.56	0.7	0.0068
	X	$3.92 \pm 0.25$	$2.56 \pm 0.005$	$0.7 \pm 0$	$0.007 \pm 0.00046$

Queso con fibra soluble (concentración baja)	1	4.73	2.55	0.7	0.0084
	2	4.77	2.55	0.6	0.0072
	3	4.69	2.55	0.7	0.0083
	4	4.82	2.55	0.6	0.0073
	X	$4.75 \pm 0.06$	$2.55 \pm 0$	$0.65 \pm 0.006$	$0.0078 \pm 0.00043$
Queso con fibra soluble (concentración intermedia)	1	4.16	2.55	0.7	0.0074
	2	3.86	2.56	0.7	0.0069
	3	3.93	2.55	0.7	0.0070
	4	4.25	2.56	0.7	0.0076
	X	$4.05 \pm 0.19$	$2.55 \pm 0.006$	$0.7 \pm 0$	$0.0072 \pm 0.00033$
Queso con fibra soluble (concentración alta)	1	2.85	2.57	0.8	0.0058
	2	2.94	2.57	0.9	0.0068
	3	2.92	2.57	0.9	0.0067
	4	2.82	2.57	0.8	0.0057
	X	$2.88 \pm 0.05$	$2.57 \pm 0$	$0.86 \pm 0.006$	$0.0063 \pm 0.00066$

Se incluyen las curvas obtenidas con el texturómetro, de las cuales se calcularon los parámetros previamente mencionados.

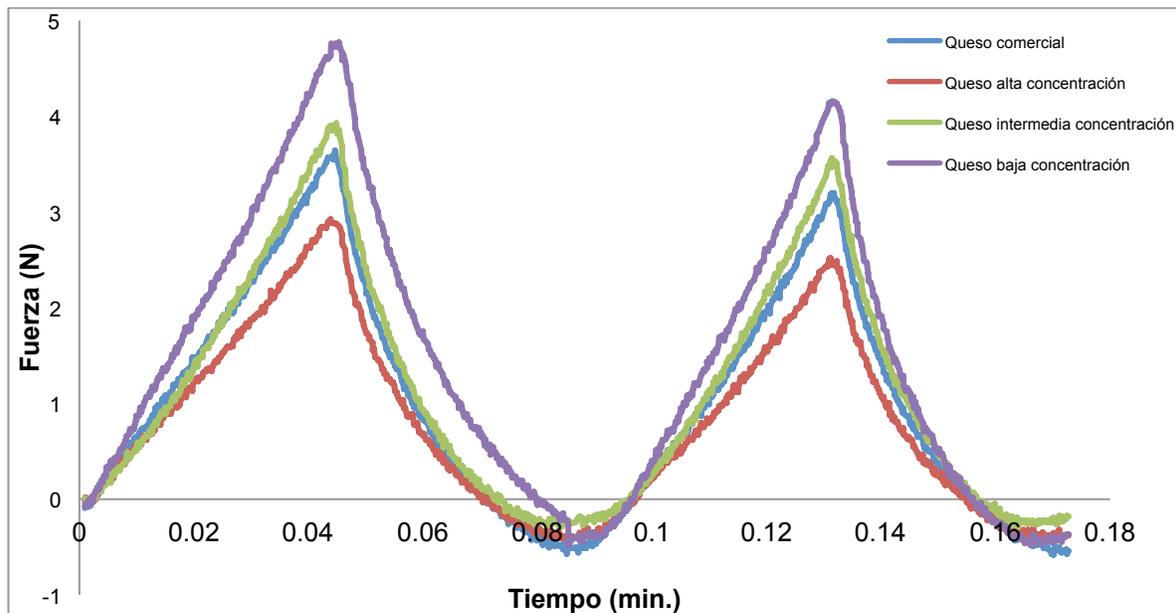


Figura 11.3. Curvas de TPA para cada formulación de queso con diferente concentración de fibra y un producto comercial.

---

---

## 11.4 Método Petrifilm™ para análisis microbiológico de alimentos

### 11.4.1 Introducción

Los “métodos rápidos” son aquéllos destinados a la detección, el recuento, la caracterización y la subtipificación de microorganismos (indicadores, patógenos y del deterioro) mediante el cual se obtienen resultados de manera sencilla, fiable y en menor tiempo que con los métodos convencionales. El desarrollo de métodos rápidos y automatizados constituye un área de la microbiología aplicada muy dinámica y en continua evolución (Leotta, 2009). De manera general, estos se clasifican en cinco grandes grupos:

- Métodos para el recuento de células viables
  - **Petrifilm™** (3M™)
  - Redigel™ (3M™)
- Métodos para medición de la biomasa
  - Bioluminiscencia
  - Conductividad
- Sistemas miniaturizados y kits de diagnóstico
  - Tiras API (bioMérieux)
  - Sistema VITEK (bioMérieux)
  - Sistema Biolog (AES Chemunex)
- Métodos inmunológicos
  - ELISA
  - Aglutinación en látex
- Métodos genéticos
  - PCR

### 11.4.2 Descripción

Las placas Petrifilm™ de 3M™ son medios de cultivo liofilizados que utilizan como soporte una película plástica de tamaño y grosor similar al de una tarjeta de crédito que contiene geles solubles (goma guar/carragenina) en agua fría que se rehidratan al depositar la muestra en su superficie y que requieren un espacio mínimo para su almacenamiento e incubación.

Están estructurados como un sistema de doble película con medio deshidratado e indicadores impregnados en la película inferior y superior. Su estructura general se muestra en el diagrama siguiente:

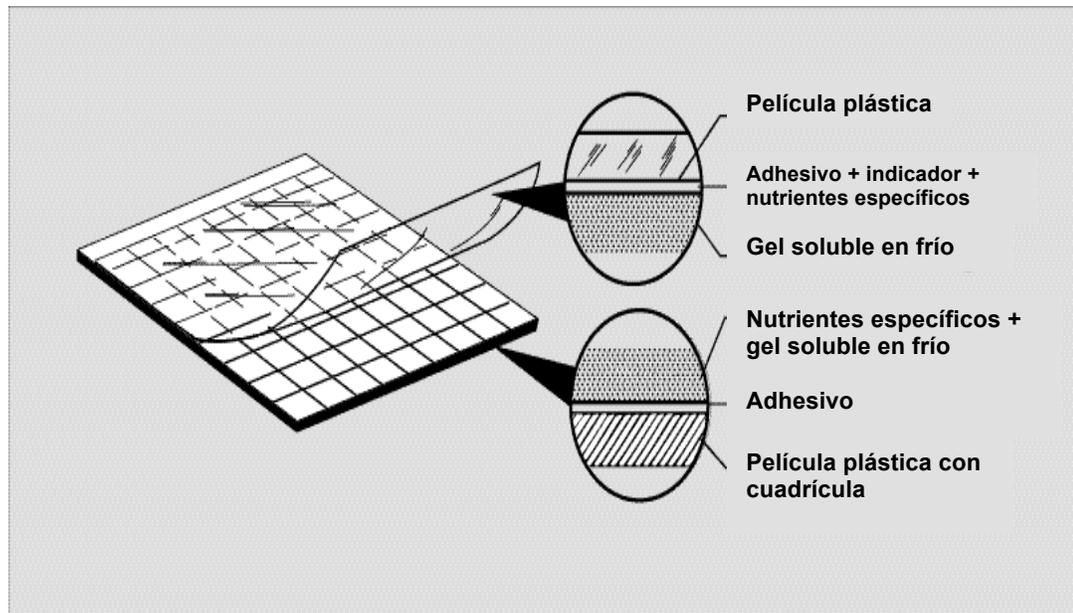


Figura 11.4. Estructura general de las placas Petrifilm™ (3M, 2011).

Contienen un agente gelificante soluble en frío, elementos nutritivos, indicador cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazoilo (TTC) que facilita la enumeración de colonias, y, en algunas placas, indicadores específicos para ayudar a la identificación de los microorganismos.

### 11.4.3 Clasificación

Actualmente (Diciembre 2011), las placas Petrifilm™ cuentan con los siguientes productos en el mercado

- Recuento de mesófilos aerobios
  - Contiene los nutrientes del *Agar Standard Methods*, un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador de color rojo que permite el recuento de las colonias.
  - Permite la enumeración de todas las bacterias capaces de crecer en condiciones de aerobiosis presentes en productos, superficies, etc.
  - Los tiempos y temperaturas de incubación varían según el método:

- 
- 
- Método oficial AOAC 986.33 (leche y productos lácteos)
    - Incubar  $48 \pm 3$  hrs. a  $32 \pm 1$  °C
  - Método oficial AOAC 990.12
    - Incubar  $48 \pm 3$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
  - Método MNKL 146.1993
    - Incubar  $48 \pm 3$  hrs. a  $30 \pm 1$  °C
  - También se puede emplear para enumerar bacterias ácido-lácticas (homo y heterofermentativas) empleando el caldo MRS como diluyente e incubando en condiciones anaerobias.
  - Recuento de coliformes
    - Contiene nutrientes de bilis rojo violeta (VRB), un agente gelificante en agua fría y un indicador (TTC) que facilita la enumeración de las colonias. La lámina superior atrapa el gas producido por los coliformes fermentadores de lactosa.
    - Los tiempos y temperaturas de incubación varían según el método:
      - Método oficial AOAC 986.33 (leche y productos lácteos)
        - Incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $32 \pm 1$  °C
      - Método oficial AOAC 991.14
        - Incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
      - Método MNKL 147.1993
        - Incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $37 \pm 1$  °C
  - Recuento de *E. coli* y coliformes
    - Contiene nutrientes de Bilis Rojo Violeta (VRB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de actividad de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de las colonias. La mayoría de las *E. coli* (cerca del 97%) produce  $\beta$ -glucuronidasa, la que a su vez produce una precipitación azul asociada con la colonia. La película superior atrapa el gas producido por *E. coli* y coliformes fermentadores de lactosa. Cerca del 95% de las *E. coli* producen gas, representado por colonias entre azules y

- 
- 
- rojo-azules asociadas con el gas atrapado en la placa (dentro del diámetro aproximado de una colonia).
- Los tiempos y temperaturas de incubación varían según el método:
    - Método oficial AOAC 991.4 (leche y productos lácteos)
      - Para coliformes incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
      - Para *E. coli* incubar  $48 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
    - Método oficial AOAC 998.08 (carnes, aves, marinos)
      - Para *E. coli* incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
    - Método MNKL 147.1993
      - Incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $37 \pm 1$  °C
  - Recuento rápido de coliformes
    - Contiene nutrientes bilis rojo violeta con lactosa (VRLB), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de pH para la detección de ácidos y un indicador de tetrazolio que facilita el recuento de las colonias. Los primeros resultados de coliformes pueden empezar a aparecer en tan sólo seis horas de incubación y se manifiestan como zonas ácidas amarillas discretas con o sin colonias. El recuento total de coliformes se determina a las 24 horas.
    - Estas placas ofrecen resultados incubando a  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
  - Recuento de coliformes (alta sensibilidad)
    - Contiene nutrientes modificados bilis rojo violeta con lactosa (VRBL), un agente gelificante soluble en agua fría y un indicador de tetrazolio que facilita el recuento de las colonias. El pigmento indicador de la placa tiñe de rojo todas las colonias gram negativas y la película superior captura el gas que producen los coliformes.
    - Los tiempos y temperaturas de incubación varían según el método:
      - Método oficial AOAC 996.02
        - Para leche y productos lácteos incubar  $24 \pm 2$  hrs. a  $32 \pm 1$  °C
        - Para otros productos incubar a  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C

- 
- 
- Recuento de hongos y levaduras
    - Contiene nutrientes de Sabouraud, dos antibióticos, indicador de fosfatos (BCIP), un agente gelificante soluble en agua fría y un tinte indicador que facilita la enumeración de colonias. Se utilizan en la enumeración de la población total existente de Hongos y Levaduras en productos, ambientes, superficies, etc.
    - Los tiempos y temperaturas de incubación varían según el método:
      - Método oficial AOAC 997.02
        - Incubar 5 días entre 21°C y 25°C
  
  - Recuento de enterobacterias
    - Contiene nutrientes bilis rojo violeta con glucosa (VRBG), un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de pH para la detección de ácidos y un indicador de tetrazolio que facilita el recuento de las colonias. Esta placa enumera los coliformes más otros patógenos, como *Salmonella* o *Shigella*, en sólo 24 horas.
    - Las placas se incuban  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
  
  - Recuento de *S. aureus*
    - Contiene un medio modificado cromogénico de Agar Baird Parker con un agente gelificante soluble en agua fría, que tiñe las colonias de *S. aureus* de un color rojo-violeta. Si crecen colonias con otros colores, como azul verdoso, se debe de emplear el disco Staph Express, el cuál contiene DNA, azul de o-toluidina y un indicador de tetrazolium que confirma la presencia de una nucleasa termostable producida por los Staphylococcus.
    - Las placas se incuban  $24 \pm 2$  hrs. a  $35 \pm 1$  °C
    - En caso de que crezcan colonias con otros colores, se inserta el disco Staph Express y se incuba de 1 a 3 horas a  $35 \pm 1$  °C

---



---

## 11.5 Evaluación sensorial para formulación de quesos

### 11.5.1 Queso blanco

#### 11.5.1.1 Cuestionario

Nombre (Opcional) \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene tres muestras de queso. Pruebe cada una, de izquierda a derecha y tomando agua entre cada muestra, y ordénelas de mejor a peor consistencia (dureza), dándole un número a cada lugar dentro de ese orden (1=mejor consistencia hasta 3= peor consistencia). No se valen empates

Muestra	Ordenación
1. _____	_____
2. _____	_____
3. _____	_____

Figura 11.5. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso blanco.

La relación de las claves empleadas es:

- 158: Concentración baja de fibra
- 712: Concentración intermedia de fibra
- 275: Concentración alta de fibra

#### 11.5.1.2 Hoja de vaciado de datos

Consumidores	158	712	275	Característica que más gusto
1	3	1	2	sabor
2	2	3	1	aroma
3	3	1	2	sabor
4	3	1	2	aroma
5	3	2	1	aroma
6	2	3	1	sal
7	1	2	3	sal
8	2	1	3	sal
9	3	1	2	sabor
10	3	1	2	sabor
11	3	1	2	aroma
12	3	1	2	aroma
13	2	1	3	sabor

14	3	1	2	sabor
15	2	1	3	aroma
16	3	1	2	sabor
17	3	1	2	sal
18	2	1	3	aroma
19	3	2	1	aroma
20	2	1	3	aroma
21	1	3	2	aroma
22	3	1	2	aroma
23	2	1	3	aroma
24	3	2	1	sabor
25	1	2	3	aroma
26	2	3	1	sabor
27	3	1	2	aroma
28	1	2	3	aroma
29	3	1	2	sal
30	2	1	3	sal
31	3	1	2	sal
32	3	2	1	sabor
33	3	1	2	sabor
34	3	1	2	aroma
35	1	2	3	aroma
36	3	2	1	sabor
37	3	1	2	sabor
38	3	2	1	aroma
39	3	1	2	sabor
40	3	1	2	sal
41	3	1	2	aroma
42	2	1	3	aroma
43	3	1	2	sal
44	3	1	2	aroma
45	3	1	2	aroma
46	3	1	2	aroma
47	3	1	2	sabor
48	3	1	2	aroma
49	3	1	2	sabor
50	3	1	2	sabor
51	3	1	2	aroma
52	3	2	1	sal
53	3	1	2	sal
54	3	1	2	sal
55	3	1	2	sabor
56	3	1	2	sabor
57	3	1	2	aroma

58	3	1	2	aroma
59	3	1	2	sabor
60	3	1	2	sabor
61	3	1	2	aroma
62	2	1	3	sabor
63	3	2	1	sal
64	3	1	2	aroma
65	3	2	1	sabor
66	3	1	2	aroma
67	3	2	1	aroma
68	3	1	2	sabor
69	3	1	2	aroma
70	3	2	1	sabor
71	3	2	1	aroma
72	2	1	3	sabor
73	3	2	1	aroma
74	2	1	3	aroma
75	3	1	2	sal
76	3	2	1	sal
77	3	1	2	sal
78	3	1	2	sabor
79	3	2	1	sabor
80	3	1	2	aroma
81	3	2	1	sabor
82	3	2	1	sabor
83	3	2	1	sabor
84	3	1	2	aroma
85	3	2	1	sabor
86	3	1	2	sal
87	3	2	1	aroma
88	3	2	1	aroma
89	3	1	2	aroma
90	2	1	3	sabor
91	3	1	2	aroma
92	3	1	2	aroma
93	3	1	2	sabor
94	3	1	2	aroma
95	2	1	3	sabor
96	3	1	2	aroma
97	3	1	2	sabor
98	2	1	3	sal
99	3	1	2	sal
100	3	1	2	sabor
Σ	273	133	194	

## 11.5.2 Queso con chile jalapeño en escabeche

### 11.5.2.1 Cuestionario

Nombre (Opcional) \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

¿Consumes chile jalapeño de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿Qué tan seguido lo consumes? (diario/semanal/mensual/rara vez): \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene tres muestras de queso con chile. Empiece probando la muestra \_\_\_\_\_ e indique con una X sobre la escala que tanto le gusta. Tome agua. Siga el procedimiento para evaluar las dos muestras restantes.

Muestra:686

Me disgusta extremadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta poco	
No me gusta ni me disgusta	
Me gusta poco	
Me gusta mucho	
Me gusta extremadamente	

Muestra:571

Me disgusta extremadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta poco	
No me gusta ni me disgusta	
Me gusta poco	
Me gusta mucho	
Me gusta extremadamente	

Muestra:234

Me disgusta extremadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta poco	
No me gusta ni me disgusta	
Me gusta poco	
Me gusta mucho	
Me gusta extremadamente	

A continuación, ordene las mismas muestras, colocando en primer lugar la más preferida y en último a la menos preferida. No se valen empates.

Muestra	_____	_____	_____
Orden de preferencia	1°	2°	3°

¿Qué característica(s) tuvo la muestra que prefirió más?

Cantidad de sal \_\_\_\_\_ Cantidad de chile \_\_\_\_\_ Textura \_\_\_\_\_

Sabor \_\_\_\_\_ Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué modificaciones haría a la muestra que le agrada más? \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.6. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso con chile jalapeño.

La relación de las claves empleadas es:

- 686: Concentración intermedia de chile
- 571: Concentración baja de chile
- 234: Concentración alta de chile

## 11.5.2 Hoja de vaciado de datos

	Preferencia			Aceptación			Edad	Género	Qué cambiaría	Qué gusto	Frecuencia de consumo
	686	571	234	686	571	234					
1	1	2	3	5	5	5	24	M	textura	sal	no
2	1	3	2	5	4	5	51	F		sal	no
3	1	2	3	6	6	5	55	M	textura		si, 2 veces por semana
4	1	2	3	6	6	5	55	M	chile	sabor	si, 3 veces por semana
5	1	2	3	6	5	4	50	M		sal	si, semanal
6	1	3	2	5	6	4	47	M	chile		si, semanal
7	1	3	2	6	4	5	25	M	chile	textura	si, semanal
8	3	2	1	3	3	4	67	F		textura	si, 2 veces por semana
9	3	2	1	6	5	4	50	M	textura	sabor	si, semanal
10	1	2	3	6	6	5	33	M			si, mensual
11	3	2	1	4	5	5	25	M		textura	si, 2 veces por semana
12	1	3	2	6	4	5	30	M	chile	sabor	no
13	2	1	3	6	6	5	47	F	chile	sabor	si, semanal
14	2	1	3	4	4	4	26	M	chile		si, mensual
15	1	2	3	6	6	5	43	M	chile	sabor	no
16	3	2	1	4	5	5	73	M		sabor	si, 3 veces por semana
17	1	2	3	6	4	4	31	F		sabor	no
18	3	1	2	3	6	5	26	M	textura	sabor	no
19	3	2	1	4	4	5	40	F		chile	si, mensual
20	2	3	1	6	6	5	41	F		textura	no
21	3	1	2	4	6	5	26	F	textura	chile	si, mensual
22	3	2	1	4	4	5	44	M	chile	sabor	si, mensual
23	1	2	3	5	5	5	48	M		sal	si, 3 veces por semana
24	2	3	1	6	3	4	51	M	chile		si, 3 veces por semana
25	3	2	1	6	4	4	59	F		sabor	si, 3 veces por semana
26	1	3	2	5	6	6	30	F	chile	sabor	si, 3 veces por semana
27	1	3	2	6	4	5	26	M		textura	si, semanal
28	2	3	1	6	4	3	27	M		sabor	si, semanal
29	1	2	3	5	5	5	46	F		sabor	si, 3 veces por semana
30	1	3	2	6	5	5	26	F	chile	textura	si, semanal
31	1	3	2	4	4	3	45	M	chile	sal	si, 3 veces por semana
32	1	3	2	5	5	5	25	M	textura	sabor	si, mensual
33	1	2	3	4	5	2	46	M	textura	sabor	si, mensual

## 11. Anexos

34	1	2	3	5	5	4	39	F	chile	Sal	si, 3 veces por semana
35	1	2	3	4	4	4	25	M	chile	sal	si, mensual
36	1	2	3	6	4	4	34	M	textura	sal	si, mensual
37	1	2	3	6	3	3	42	F	chile	sabor	si, mensual
38	1	2	3	5	5	3	25	M	chile	textura	si, semanal
39	1	2	3	5	6	3	44	F	textura	sabor	si, 3 veces por semana
40	1	2	3	2	5	4	56	M	chile	sabor	si, 3 veces por semana
41	1	2	3	5	4	4	40	F	chile	sal	si, mensual
42	1	3	2	6	5	3	32	M	textura	sal	si, mensual
43	2	1	3	5	6	4	37	F	textura	sabor	si, mensual
44	2	1	3	6	6	4	41	F		sabor	si, mensual
45	1	3	2	5	5	6	20	M	textura	sabor	si, 3 veces por semana
46	2	1	3	4	5	3	20	M		sabor	si, 2 veces por semana
47	3	2	1	6	5	3	24	F	textura	sabor	no
48	1	2	3	5	5	4	22	F	chile	sal	si, 3 veces por semana
49	2	1	3	4	6	4	23	F	chile	sal	si, mensual
50	2	1	3	4	4	3	7	M		sal	si, 3 veces por semana
51	3	2	1	5	5	5	22	M	textura	sabor	si, mensual
52	2	3	1	6	2	3	22	F	chile	sabor	si, mensual
53	2	3	1	5	4	3	19	F	textura	textura	si, 3 veces por semana
54	1	3	2	6	5	3	22	F		chile	si, 3 veces por semana
55	2	1	3	5	5	4	19	F	chile	textura	si, 3 veces por semana
56	3	1	2	5	6	5	19	F	chile	textura	si, semanal
57	1	2	3	6	6	3	19	M		textura	si, 2 veces por semana
58	1	2	3	6	5	3	22	F		textura	si, 3 veces por semana
59	3	1	2	5	6	5	23	F	textura	textura	si, semanal
60	1	2	3	5	4	3	21	M	textura	sabor	si, 2 veces por semana
61	1	2	3	6	5	4	24	M	chile	sabor	si, mensual
62	1	2	3	5	3	5	18	M	chile	textura	si, mensual
63	1	3	2	6	4	5	22	M	chile	textura	si, mensual
64	2	3	1	5	4	4	23	F	textura	textura	si, semanal
65	2	3	1	5	4	4	22	M	textura	chile	si, semanal
66	1	3	2	5	4	5	23	F	chile	chile	si, 3 veces por semana
67	1	2	3	6	6	5	19	M			si, semanal
68	2	1	3	4	5	3	19	M	chile		si, mensual
69	1	3	2	5	5	3	24	M			si, mensual

## 11. Anexos

70	1	2	3	5	4	4	19	F	chile	textura	si, 3 veces por semana
71	2	1	3	3	4	5	19	F		textura	si, 3 veces por semana
72	2	1	3	5	6	5	19	F		sabor	si, mensual
73	1	2	3	5	5	4	20	F	chile	sabor	si, mensual
74	1	3	2	6	4	5	20	M		textura	si, mensual
75	1	2	3	5	4	6	16	M		sabor	si, mensual
76	1	2	3	5	7	6	24	M	chile		si, 3 veces por semana
77	1	2	3	6	5	4	23	F	textura	textura	si, 2 veces por semana
78	1	2	3	6	1	4	23	M	chile		si, mensual
79	2	1	3	5	7	4	24	M		textura	si, semanal
80	1	2	3	4	4	5	21	M	chile	textura y sabor	si, 3 veces por semana
81	1	2	3	5	5	4	21	M	chile	textura	si, 3 veces por semana
82	2	1	3	5	5	4	22	M	textura	sabor	si, semanal
83	1	2	3	6	5	5	23	M	textura	chile	si, 2 veces por semana
84	2	1	3	4	4	5	22	M	chile	sabor	si, semanal
85	2	1	3	6	5	4	19	F			si, 3 veces por semana
86	2	1	3	6	6	4	24	M			si, mensual
87	1	2	3	6	5	5	23	M	textura	sabor	si, mensual
88	1	2	3	6	5	4	21	F	chile	sabor	si, 3 veces por semana
89	2	1	3	6	4	5	22	F	textura		si, 3 veces por semana
90	1	2	3	5	4	4	18	M	chile	sabor	si, 3 veces por semana
91	2	1	3	5	5	4	21	F	textura		no
92	2	1	3	6	4	4	23	M	chile	sabor	si, mensual
93	1	3	2	6	4	5	23	M	chile	textura	si, semanal
94	2	1	3	3	4	4	23	F	textura	textura	si, mensual
95	2	1	3	4	5	3	19	M			si, mensual
96	1	2	3	6	4	2	21	M	chile	sabor	si, 3 veces por semana
97	2	1	3	4	4	5	23	F	chile		si, semanal
98	1	2	3	7	5	1	19	F	textura	textura	si, mensual
99	1	2	3	6	5	4	22	M			si, 2 veces por semana
100	1	2	3	7	5	6	27	M			si, semanal
∑	155	198	247	517	475	423					
X				5.1	4.7	4.2					
S				1.4	2.1	0.7					

### 11.5.3 Queso con chile chipotle adobado

#### 11.5.3.1 Cuestionario

Nombre (Opcional) \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

¿Consumes chile chipotle de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿Qué tan seguido lo consumes? (diario/semanal/mensual/rara vez): \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene tres muestras de queso con chile. Empiece probando la muestra \_\_\_\_\_ e indique con una X sobre la escala que tanto le gusta. Tome agua. Siga el procedimiento para evaluar las dos muestras restantes.

Muestra:123

Me disgusta extremadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta poco	
No me gusta ni me disgusta	
Me gusta poco	
Me gusta mucho	
Me gusta extremadamente	

Muestra:974

Me disgusta extremadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta poco	
No me gusta ni me disgusta	
Me gusta poco	
Me gusta mucho	
Me gusta extremadamente	

Muestra:077

Me disgusta extremadamente	
Me disgusta mucho	
Me disgusta poco	
No me gusta ni me disgusta	
Me gusta poco	
Me gusta mucho	
Me gusta extremadamente	

A continuación, ordene las mismas muestras, colocando en primer lugar la más preferida y en último a la menos preferida. No se valen empates.

Muestra \_\_\_\_\_  
 Orden de preferencia      1°      2°      3°

¿Qué característica(s) tuvo la muestra que prefirió más?

Cantidad de sal      Cantidad de chile      Textura

Sabor      Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué modificaciones haría a la muestra que le agrada más? \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.7. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso con chile chipotle adobado.

La relación de las claves empleadas es:

- 123: Concentración baja de chile
- 974: Concentración intermedia de chile
- 077: Concentración alta de chile

## 11.5.3.1 Hoja de vaciado de datos

	Preferencia			Aceptación			Edad	Género	Qué cambiaría	Qué gustó	Frecuencia de consumo
	123	974	077	123	974	077					
1	1	2	3	7	5	3	23	M	textura	sabor	mensual
2	1	2	3	7	5	4	22	F	textura	chile	rara vez
3	1	2	3	6	5	4	20	M	menos chile	chile	semanal
4	1	2	3	6	5	5	20	M	más chile	sal	mensual
5	1	2	3	7	5	3	25	M	sabor	textura	mensual
6	1	2	3	7	5	3	19	F	ninguna	sal	rara vez
7	2	3	1	5	4	3	23	F	textura	sal	semanal
8	1	2	3	7	5	3	24	F	más sal	textura	rara vez
9	1	2	3	6	5	3	20	F	sabor	textura	diario
10	1	2	3	5	5	4	58	F	más chile	sabor	rara vez
11	1	2	3	5	4	3	75	M	quitar sal	sabor	diario
12	1	2	3	7	6	4	23	H	sabor	sabor	rara vez
13	1	2	3	4	6	4	30	M	textura	sabor	semanal
14	1	3	2	5	4	3	55	F	menos chile	sabor	semanal
15	1	2	3	7	5	4	19	F	textura	chile	semanal
16	2	3	1	6	5	3	44	F		textura	semanal
17	1	2	3	5	5	5	58	M	menos chile	sabor	rara vez
18	1	2	3	7	5	4	30	M	textura	chile	semanal
19	1	3	2	5	4	3	21	M		sabor	mensual
20	1	2	3	7	6	4	37	M			diario
21	1	2	3	5	4	4	34	F		sabor	no puso
22	2	1	3	7	3	3	24	F		chile, sabor	semanal
23	1	2	3	5	5	3	27	F		chile	rara vez
24	1	2	3	5	5	4	24	M	menos chile	chile	no puso
25	1	2	3	7	6	4	19	M		textura	mensual
26	1	2	3	7	5	4	22	F	menos chile	textura	rara vez
27	2	3	1	6	6	4	19	F		sabor	rara vez
28	1	2	3	7	5	4	19	F	menos chile	sabor	mensual
29	1	2	3	7	5	4	23	M	más chile	sabor	no puso
30	1	2	3	7	5	4	51	F		chile	no puso
31	1	2	3	7	5	4	28	M	color	chile	no puso
32	1	2	3	7	5	4	31	M	más chile	textura	semanal
33	1	2	3	7	5	3	18	M		textura	rara vez
34	1	2	3	7	7	6	22	F	picado	chile	semanal
35	1	2	3	7	5	4	20	M	más sal	sabor	semanal
36	1	2	3	7	6	4	19	M	sabor	textura	semanal

37	2	1	3	7	5	4	20	F	menos chile	textura	rara vez
38	2	1	3	6	5	5	20	F	picado	textura	mensual
39	1	2	3	7	5	4	21	M		chile	semanal
40	1	2	3	7	5	4	26	M	textura	sal	rara vez
41	1	2	3	7	6	4	45	F	nada	chile	rara vez
42	1	2	3	6	5	3	31	M	más sabor	chile	semanal
43	1	2	3	7	6	4	19	F	más sal	sal	rara vez
44	1	2	3	7	5	4	18	F		chile	rara vez
45	1	2	3	7	5	4	46	M	textura	textura	semanal
46	1	2	3	6	5	3	19	M	sazón	sabor	semanal
47	2	1	3	6	3	2	23	F	textura	textura	mensual
48	1	3	2	6	5	4	22	F		textura	semanal
49	1	2	3	6	4	2	23	F	textura	textura	mensual
50	1	3	2	7	5	4	20	F		sabor	semanal
51	2	1	3	6	5	4	22	F		sabor	semanal
52	3	1	2	7	5	4	23	M		textura	semanal
53	1	3	2	7	6	4	19	F		sabor	rara vez
54	1	2	3	6	5	3	49	M		sabor	no puso
55	1	2	3	7	5	4	23	F	textura	chile	rara vez
56	1	2	3	7	5	4	18	F	más chile	textura	rara vez
57	1	2	3	7	5	4	18	F	menos sal	textura	mensual
58	1	2	3	7	5	4	68	F	menos chile	chile	semanal
59	1	3	2	7	5	3	62	M	textura	sabor	rara vez
60	1	2	3	7	6	5	19	M	textura	chile	no puso
61	1	2	3	6	7	5	18	F		chile	semanal
62	1	2	3	6	5	4	19	F		sabor	rara vez
63	1	2	3	6	7	6	25	M		sal	semanal
64	2	1	3	7	4	3	23	M	color	sabor	rara vez
65	1	2	3	6	5	4	22	F		chile	semanal
66	2	1	3	7	5	4	19	M	más sal	sabor	rara vez
67	1	2	3	6	5	4	37	M		sabor	rara vez
68	1	2	3	7	5	3	28	M		chile	rara vez
69	1	2	3	6	5	4	22	M	menos chile	textura	rara vez
70	1	2	3	6	4	3	19	M		sal	semanal
71	1	3	3	7	5	4	19	M	más sabor	sabor	semanal
72	3	1	2	7	6	3	21	M		textura	rara vez
73	1	2	3	7	4	3	19	M	más chile	textura	semanal
74	1	2	3	7	5	4	23	F	más chile	textura	mensual
75	1	2	3	6	5	3	23	F	menos sal	sabor	mensual
76	1	3	2	7	5	3	21	M	más sal	textura	mensual
77	1	2	3	7	6	4	21	F		textura	rara vez

## 11. Anexos

78	1	2	3	7	5	3	21	F	menos sal	sabor	mensual
79	1	3	2	7	5	4	38	M	mas duro	chile	no consume
80	2	1	3	7	5	3	20	F		textura	semanal
81	1	2	3	6	5	3	25	F		chile	semanal
82	1	2	3	7	5	3	22	M	mas sal	chile	semanal
83	2	1	3	6	4	4	17	F	menos sal	chile	no contesto
84	1	2	3	7	6	4	16	M	textura	sal	rara vez
85	1	2	3	7	5	4	16	M		sabor	rara vez
86	1	3	2	6	5	3	18	M		sabor	semanal
87	1	2	3	7	4	4	23	F	picado	sabor	mensual
88	1	2	3	7	5	4	19	F		textura	semanal
89	1	2	3	7	5	3	21	F	menos chile	sabor	mensual
90	1	2	3	7	6	4	28	M		sabor	mensual
91	1	2	3	6	5	4	35	M		sabor	mensual
92	1	2	3	7	5	3	43	F		sabor	mensual
93	1	2	3	7	4	4	26	M	más chile	sal	semanal
94	1	2	3	7	5	4	29	F			semanal
95	1	2	3	6	4	4	33	M	más sal	sabor	rara vez
96	1	2	3	7	5	5	51	F		chile	mensual
97	1	2	3	7	5	3	28	M		chile	semanal
98	1	2	3	7	5	3	33	F	más chile	sal	semanal
99	1	2	3	6	5	4	26	M		chile	mensual
100	1	2	3	6	4	3	47	M		textura	mensual
Σ	116	202	283	651	502	377					
X				6.5	5.0	3.7					
S				0.9	0.6	0.9					

### 11.5.4 Queso con epazote

#### 11.5.4.1 Cuestionario

Nombre (Opcional) \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

¿Consumo alimentos con epazote de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Qué tan seguido los consume? (diario/semanal/mensual/rara vez): \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene tres muestras de queso con epazote. Pruebe cada una, de izquierda a derecha y tomando agua entre cada una, y anote sobre la escala correspondiente que tanto le gusta cada muestra.

Muestra:165	Muestra:823	Muestra:407
Me disgusta extremadamente	Me disgusta extremadamente	Me disgusta extremadamente
Me disgusta mucho	Me disgusta mucho	Me disgusta mucho
Me disgusta poco	Me disgusta poco	Me disgusta poco
No me gusta ni me disgusta	No me gusta ni me disgusta	No me gusta ni me disgusta
Me gusta poco	Me gusta poco	Me gusta poco
Me gusta mucho	Me gusta mucho	Me gusta mucho
Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente

A continuación, ordene las mismas muestras, colocando en primer lugar la que más prefirió y en último a la menos preferida.. No se valen empates.

Muestra \_\_\_\_\_  
 Orden de preferencia      1°      2°      3°

¿Qué característica(s) tuvo la muestra que prefirió más?

Cantidad de sal      Sabor a epazote      Textura

Aroma      Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué modificaciones haría a la muestra que más le agrado?  
 ? \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.8. Cuestionario para la evaluación sensorial de queso con epazote.

La relación de las claves empleadas es:

- 165: Concentración baja de epazote
- 823: Concentración intermedia de epazote
- 407: Concentración alta de epazote

## 11.5.4.2 Hoja de vaciado de datos

	Preferencia			Aceptación			Edad	Género	Qué cambiaría	Qué gustó	Frecuencia de consumo
	165	823	407	165	823	407					
1	1	2	3	5	4	3	26	M	menos sal	sabor a epazote	mensual
2	1	2	3	7	5	4	22	F		textura	rara vez
3	1	2	3	6	5	4	22	F		textura	semanal
4	1	3	2	6	5	5	25	M		textura	mensual
5	1	2	3	7	5	3	40	F	menos sal	sabor a epazote	rara vez
6	2	3	1	7	5	3	23	F		sabor a epazote	rara vez
7	2	1	3	7	5	4	45	F		sabor a epazote	rara vez
8	2	3	1	7	5	3	48	F		sabor a epazote	rara vez
9	1	3	2	6	5	3	30	M		textura; sal	semanal
10	1	2	3	5	5	4	25	M		textura	rara vez
11	1	2	3	5	4	3	22	M		sal	semanal
12	2	3	1	7	6	4	23	M		textura	semanal
13	2	1	3	4	6	4	28	F		textura	mensual
14	1	2	3	5	4	3	23	M		textura	rara vez
15	1	2	3	7	5	4	23	F		textura	rara vez
16	1	2	3	6	5	3	22	F	menos sal	sabor a epazote	rara vez
17	1	2	3	5	5	5	22	F		sal	mensual
18	1	2	3	7	5	4	24	M		sabor a epazote	semanal
19	3	1	2	7	6	4	23	M		sabor a epazote	mensual
20	2	1	3	7	6	4	22	F		sabor a epazote	mensual
21	2	1	3	5	4	4	23	F	menos sal	sabor a epazote	mensual
22	1	3	2	7	3	3	22	M		textura	rara vez
23	1	2	3	5	5	3	23	M		textura	semanal
24	1	2	3	5	5	4	24	M		textura	rara vez
25	1	2	3	7	6	4	22	M		sabor a epazote	rara vez
26	1	2	3	7	5	4	22	M		textura	rara vez
27	2	1	3	6	6	4	23	M		sabor a epazote	semanal
28	1	2	3	7	5	4	23	F		sabor a epazote	mensual
29	1	2	3	7	5	4	38	M	menos sal	sabor a epazote	rara vez
30	1	2	3	7	5	4	22	F		sal	rara vez
31	2	1	3	7	5	4	47	F		sabor a epazote	semanal

## 11. Anexos

32	3	1	2	7	5	4	22	F		sabor a epazote	semanal
33	2	3	1	7	5	3	27	M		sabor a epazote	rara vez
34	1	2	3	7	7	6	25	M		sabor a epazote	semanal
35	1	2	3	7	5	4	38	M		sabor a epazote	mensual
36	2	1	3	7	5	4	25	F		sabor a epazote	mensual
37	1	3	2	7	5	4	28	M		textura	rara vez
38	1	2	3	6	5	5	25	M		sabor a epazote	mensual
39	1	3	2	7	5	4	51	M		sabor a epazote	mensual
40	2	3	1	7	5	4	40	M	menos sal	sabor a epazote	semanal
41	2	1	3	7	5	4	25	M		sal	mensual
42	1	2	3	6	5	3	32	F		sabor a epazote	semanal
43	1	2	3	7	6	4	26	M		textura	mensual
44	1	2	3	7	5	4	47	F		textura	mensual
45	1	2	3	7	5	4	37	M		sabor a epazote	semanal
46	1	3	2	6	5	3	19	F		textura	rara vez
47	1	2	3	6	3	2	21	M		sabor a epazote	mensual
48	1	2	3	6	5	4	18	M		sal	semanal
49	1	2	3	6	4	2	20	F		sal	mensual
50	1	2	3	7	5	4	19	M		textura	mensual
51	1	2	3	6	5	4	19	M		sal	semanal
52	3	2	1	7	5	4	20	F		sabor a epazote	rara vez
53	2	1	3	7	6	4	20	F		textura; sal	semanal
54	1	2	3	6	5	3	18	F		sabor a epazote	rara vez
55	3	1	2	7	5	4	20	M		sabor a epazote	mensual
56	1	2	3	7	5	4	18	F	menos sal	sabor a epazote	mensual
57	1	2	3	7	5	4	19	M		sabor a epazote	semanal
58	1	2	3	7	5	4	21	F		sabor a epazote	mensual
59	1	2	3	7	5	3	20	F		sabor a epazote	semanal
60	1	2	3	7	6	5	19	M	menos sal	sabor a epazote	rara vez
61	1	2	3	6	7	5	18	M		sabor a epazote	mensual
62	2	1	3	6	5	4	19	F		textura	semanal

## 11. Anexos

63	1	2	3	6	7	6	21	M		textura	mensual
64	1	2	3	7	4	3	18	F		sabor a epazote	semanal
65	1	2	3	6	5	4	19	F		textura	mensual
66	1	2	3	7	5	4	20	M	menos sal	textura	rara vez
67	1	2	3	6	5	4	18	M		textura	mensual
68	1	2	3	7	5	1	19	M		sal	mensual
69	1	2	3	6	5	4	20	F		sabor a epazote	mensual
70	1	2	3	6	4	3	18	M		sabor a epazote	semanal
71	1	2	3	7	5	4	19	M		sal	mensual
72	1	2	3	7	6	3	20	M		sabor a epazote	mensual
73	2	1	3	7	4	3	18	M		textura	semanal
74	1	2	3	7	5	3	19	F		sal	semanal
75	1	2	3	6	5	3	20	M		textura	rara vez
76	1	2	3	7	5	3	18	F		textura	mensual
77	1	2	3	7	6	4	19	M		sabor a epazote	rara vez
78	1	2	3	7	5	3	18	F		sal	semanal
79	1	2	3	7	5	4	20	M		sal	semanal
80	1	2	3	7	5	3	19	M		sabor a epazote	mensual
81	1	2	3	6	5	3	20	M		sabor a epazote	semanal
82	1	2	3	7	5	3	18	F		textura	semanal
83	1	2	3	6	4	4	19	F		textura; sal	semanal
84	1	2	3	7	6	4	21	F		sabor a epazote	mensual
85	1	2	3	7	5	4	18	F		textura; sal	rara vez
86	1	2	3	6	5	3	19	F		sabor a epazote	mensual
87	1	2	3	7	4	4	20	M		textura	rara vez
88	1	3	2	7	5	1	18	F		textura	semanal
89	1	3	2	7	5	3	19	F		sabor a epazote	mensual
90	1	2	3	7	6	4	20	F		sabor a epazote	mensual
91	1	2	3	7	5	4	18	F		sal	mensual
92	1	2	3	7	5	3	19	F		textura	mensual
93	1	3	2	7	4	4	18	F		textura	mensual
94	1	2	3	7	5	4	19	M		sabor a epazote	semanal
95	1	2	3	7	4	3	21	M		textura	rara vez
96	1	3	2	7	5	4	18	F		textura	semanal
97	1	2	3	7	5	3	21	M		textura	mensual
98	2	1	3	7	5	3	18	M		sabor a	rara vez

										epazote	
99	1	2	3	6	5	4	19	M		sabor a epazote	semanal
100	1	2	3	6	4	3	18	F		sal	rara vez
$\Sigma$	125	200	275	655	502	366					
X				6.6	5.0	3.7					
S				0.6	0.6	0.7					

### 11.5.5 Ejemplo de cálculo de análisis por diferencia de rangos (prueba preferencia)

El ejemplo siguiente es el cálculo que se llevó a cabo para establecer si había una diferencia significativa entre las evaluaciones que realizaron los consumidores, es decir, confirmar que lograron diferenciar entre las tres muestras y, por lo tanto, la evaluación es válida.

El primer paso, es establecer la suma de rangos para cada muestra, es decir la suma total del lugar en el rango (1, 2, ó 3) que obtuvieron:

Tabla 11.2. Sumatoria de rangos para cada muestra

Muestras	158	712	275
Porcentaje de fibra	bajo	medio	alto
Suma de rangos	273	133	194

A continuación, se hace la diferencia absoluta de estas sumas, comparando todas las muestras entre ellas:

Tabla 11.3. Diferencias absolutas entre suma de rangos de las muestras

Diferencias absolutas entre suma de rangos
$273 - 133 = 140$
$273 - 194 = 73$
$133 - 194 = 61$

Estos valores se comparan con los valores de tablas de valores críticos para ordenación por rangos (Pedrero, 1989), para 100 jueces y 3 muestras, los cuales se muestran a continuación para diferentes niveles de significancia:

Significancia del 5% = 34

Significancia del 1% = 42

La comparación con estos valores se muestra a continuación:

Tabla 11.4. Comparación de las diferencias entre sumas de rangos con los valores de las tablas

Verificación	
5%	1%
140 > 34	140 > 42
73 > 34	73 > 42
61 > 34	61 > 42

De la tabla anterior, se puede observar que todos los valores de la diferencia de rangos fueron superiores a los de las tablas, por lo tanto se concluye que existe una diferencia significativa entre todas las muestras evaluadas, con un nivel de significancia del 1% y 5%

#### 11.5.6 Ejemplo de cálculo de Análisis de Varianza de dos vías

En éste ejemplo, se va a realizar el cálculo del análisis de varianza de los resultados obtenidos de la cohesividad que se calculó durante el TPA en el que se compararon las diferentes concentraciones de fibra en el texturómetro, siguiendo la metodología propuesta por Pedrero (1989), para determinar si existe diferencia significativa entre estos valores o no.

Primero se calcula el factor de corrección cuadrando el gran total y dividiéndolo por el número total de respuestas:

$$FC = (11.6)^2 / (4 \times 4) = 8.41$$

Después, se calcula la suma de cuadrados de las muestras, sumando el cuadrado total de los resultados para cada muestra, dividido por el número de réplicas para cada una, menos el factor de corrección; los grados de libertad (gl) en este caso es el número total de muestras menos uno:

$$SC \text{ muestras} = 0.09; \text{ gl} = 3$$

---

---

Un procedimiento similar se lleva a cabo sumando el cuadrado del total de los resultados para cada réplica, dividiéndolo por el número de muestras, menos el factor de corrección para obtener la suma de cuadrados de réplicas; sus grados de libertad se obtienen restando uno al número total de réplicas:

$$SC \text{ réplica} = 0.005 ; gl = 3$$

Después, se calcula la suma de cuadrados total sumando los cuadrados de todos los resultados obtenidos y restando el factor de corrección; los grados de libertad se calculan restando uno al total de resultados:

$$SC \text{ total} = 0.11; gl = 15$$

Finalmente, se calcula la suma de cuadrados del error, restando la suma de cuadrados de muestras y réplicas (fuentes de variación) de la suma de cuadrados total; de manera similar, se calculan los grados de libertad del error restando los gl de las fuentes de variación a los gl totales:

$$SC \text{ error} = 0.015 ; gl = 9$$

Con toda la información obtenida se calculan los cuadrados medios de cada fuente de variación, y del error, dividiendo la suma de cuadrados entre los grados de libertad de cada uno:

$$CM \text{ muestras} = 0.09 / 3 = 0.03$$

$$CM \text{ réplicas} = 0.005 / 3 = 0.00166$$

$$CM \text{ error} = 0.015 / 9 = 0.00166$$

A continuación, se determina la relación de variación (F) tanto para muestras como para réplicas dividiendo el cuadrado medio de cada fuente entre el cuadrado medio del error:

$$F_m = 18$$

$$F_r = 1$$

Todos los datos anteriores se resumen en el cuadro de análisis de varianza:

Tabla 11.5. Análisis de varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Muestras	0.09	3	0.03	18
Réplicas	0.005	3	0.00166	1
Error	0.015	9	0.00166	
Total	0.11	15		

Estos valores se comparan con los valores de tablas de valores críticos para F (Pedrero, 1989), considerando los grados de libertad de cada fuente de variación (numerador) y los grados de libertad del error (denominador), los cuales se muestran a continuación para diferentes niveles de significancia:

Tabla 11.6. Comparación de valores de F calculados con valores de tablas

Nivel de significancia	Valor de F de tabla	Valor de F calculado	Diferencia significativa
0.05	3.86	18	Si
0.01	6.99	18	Si
0.05	3.86	1	No
0.01	6.99	1	No

En esta comparación se observa que no hay diferencia significativa entre las replicas de una misma muestra, lo cual indica que hubo homogeneidad en el proceso de elaboración de la muestra, y que si hubo diferencia entre las diferentes muestras. Por esto se procede a utilizar el método de diferencia mínima significativa de Fisher (DMS) para determinar entre que concentraciones de fibra hay diferencias. Utilizando la prueba de DMS para comparar las medias de las muestras, se declarará diferencia mínima significativa si se cumple la siguiente relación:

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_a| > t_{\alpha/2, N-a} \sqrt{\frac{2CM_E}{n}}$$

de la relación anterior

$|\bar{y}_i - \bar{y}_a|$  es la diferencia absoluta de las medias de las dos muestras que se van a comparar

$t$ : valor de  $t$  de Student de la tabla (Pedrero, 1989) para los grados de libertad del error

$CM_E$ : valor del cuadrado medio del error

$n$ : total de resultados para cada muestra

Calculando la diferencia mínima significativa:

$$t_{0.025,297} \sqrt{\frac{2MS_E}{n}} = 2.262 \sqrt{\frac{2(0.0016)}{4}} = 0.03264$$

Con esta diferencia calculada, se procede a llevar a cabo la comparación de las muestras:

Tabla 11.7. Prueba DMS para los resultados obtenidos

Concentración de fibra soluble	Promedio ( $\bar{y}_i$ )	Promedio ( $\bar{y}_a$ )	$ \bar{y}_i - \bar{y}_a $	¿Diferencia mínima?	Conclusión.
alta	0.86	0.7	0.16	0.0323	Si
alta	0.86	0.65 (baja)	0.21	0.0323	Si
alta	0.86	0.7	0.16	0.0323	Si
intermedia	0.7	0.65 (baja)	0.05	0.0323	Si
intermedia	0.7	0.7	0	0.0323	No
nula (comercial)	0.7	0.65 (baja)	0.05	0.0323	Si

De los resultados anteriores, se concluye que existe diferencia significativa entre todas las muestras, excepto entre la muestra con una concentración intermedia de fibra soluble y la comercial.

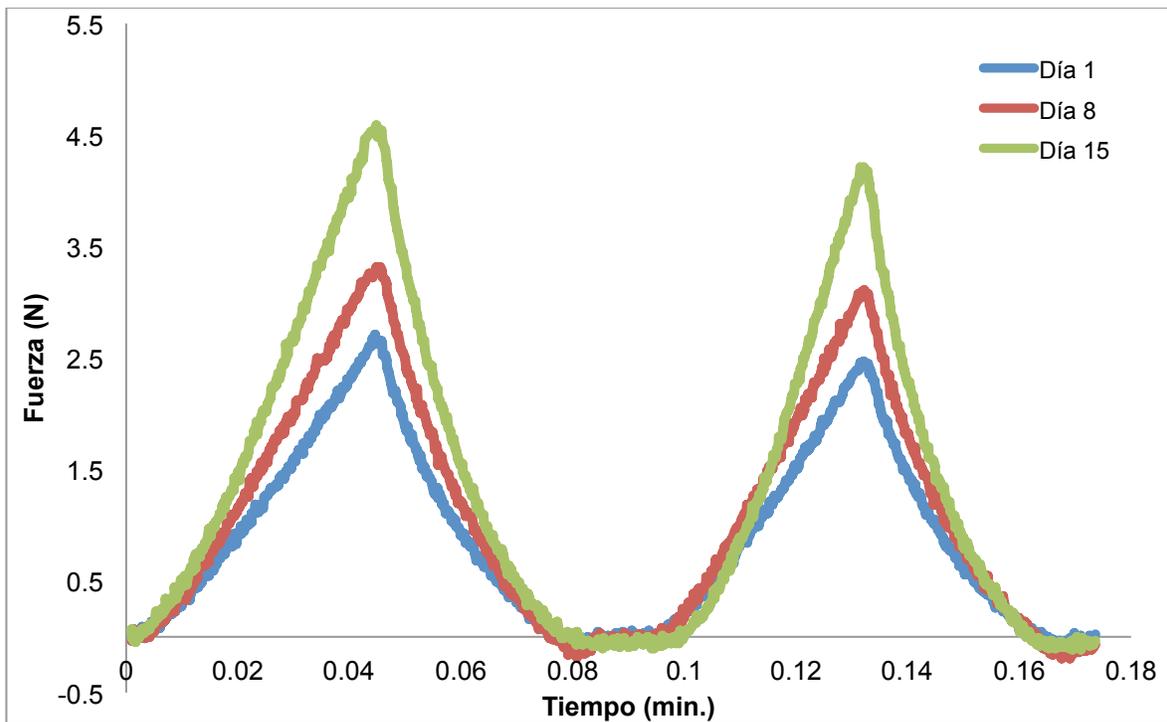
**11.6 Curvas del TPA para todas las formulaciones durante la vida de anaquel**

Figura 11.9. Curvas del TPA para la evaluación en tres tiempos de queso comercial.

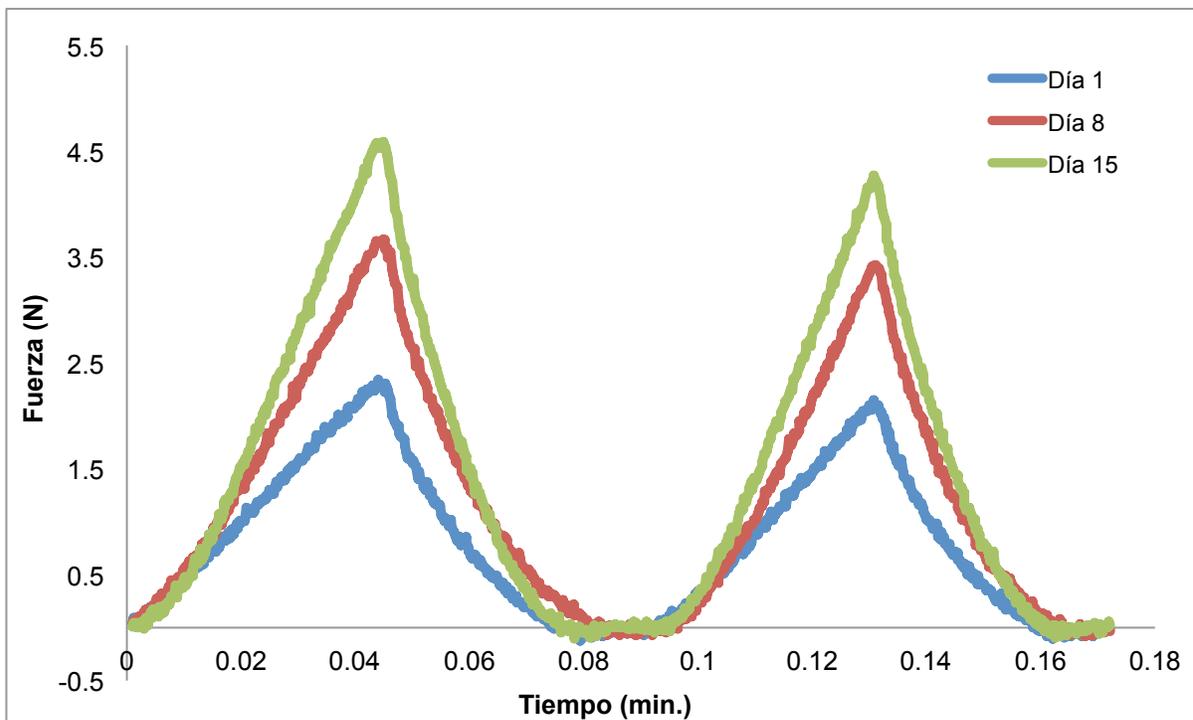


Figura 11.10. Curvas del TPA para la evaluación en tres tiempos de queso blanco.

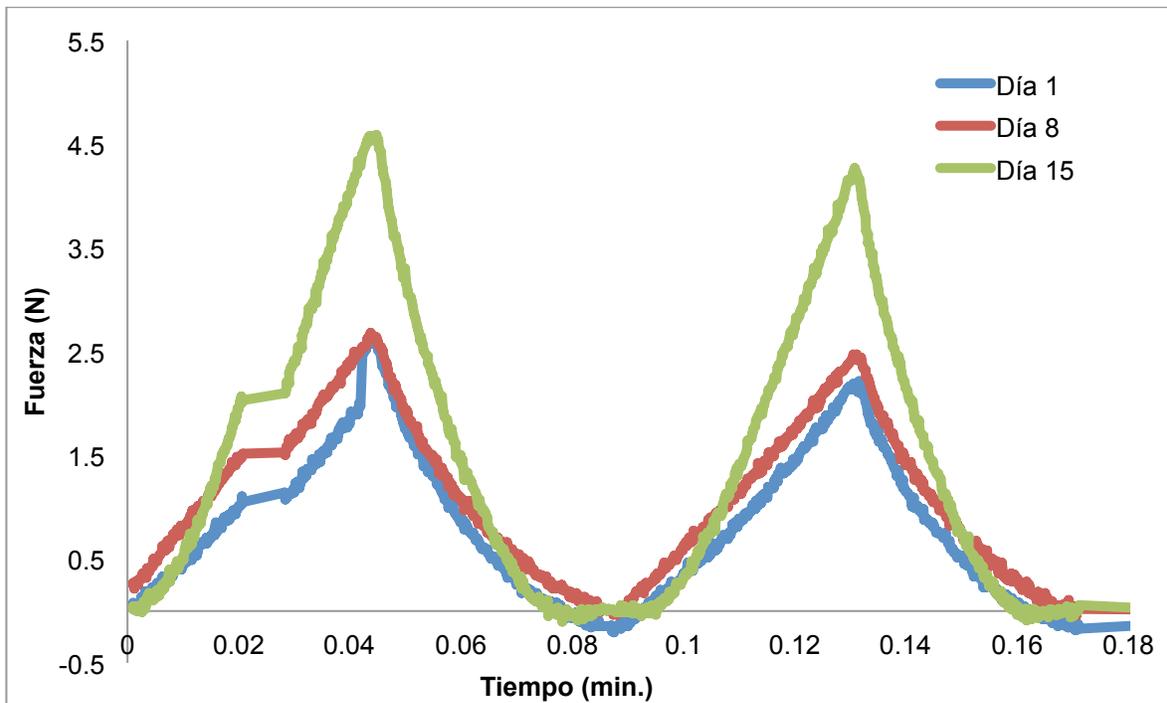


Figura 11.11. Curvas del TPA para la evaluación en tres tiempos de queso con chile jalapeño.

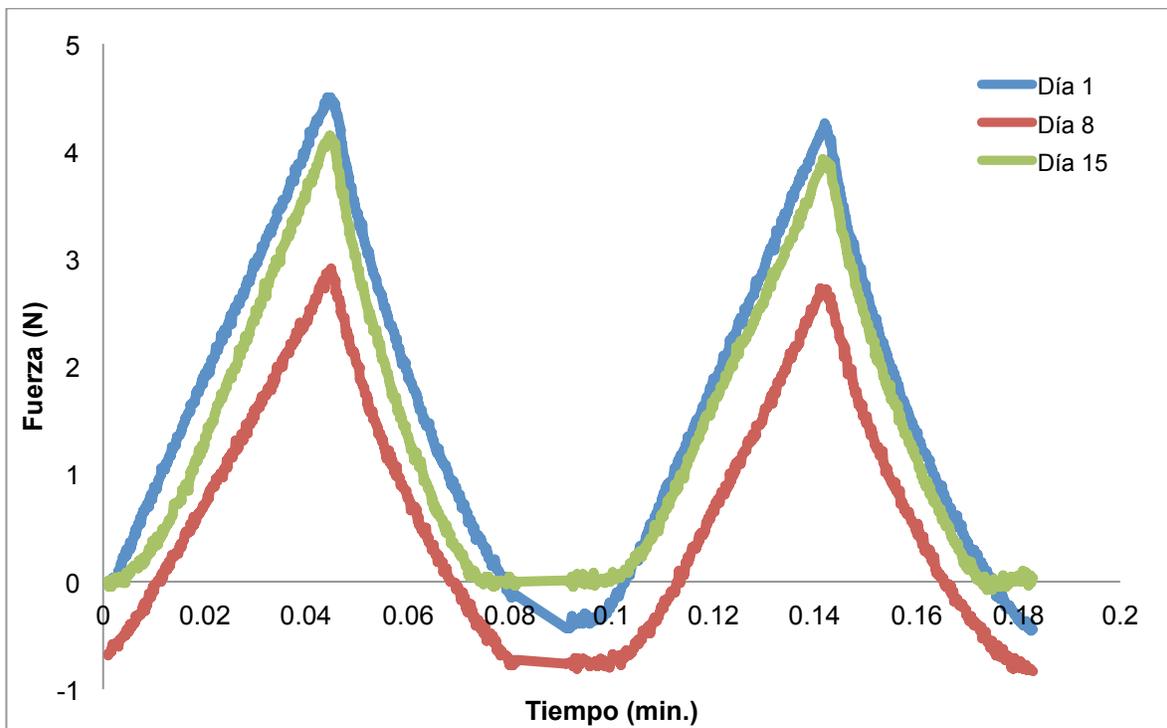


Figura 11.12. Curvas del TPA para la evaluación en tres tiempos de queso con chile chipotle adobado.

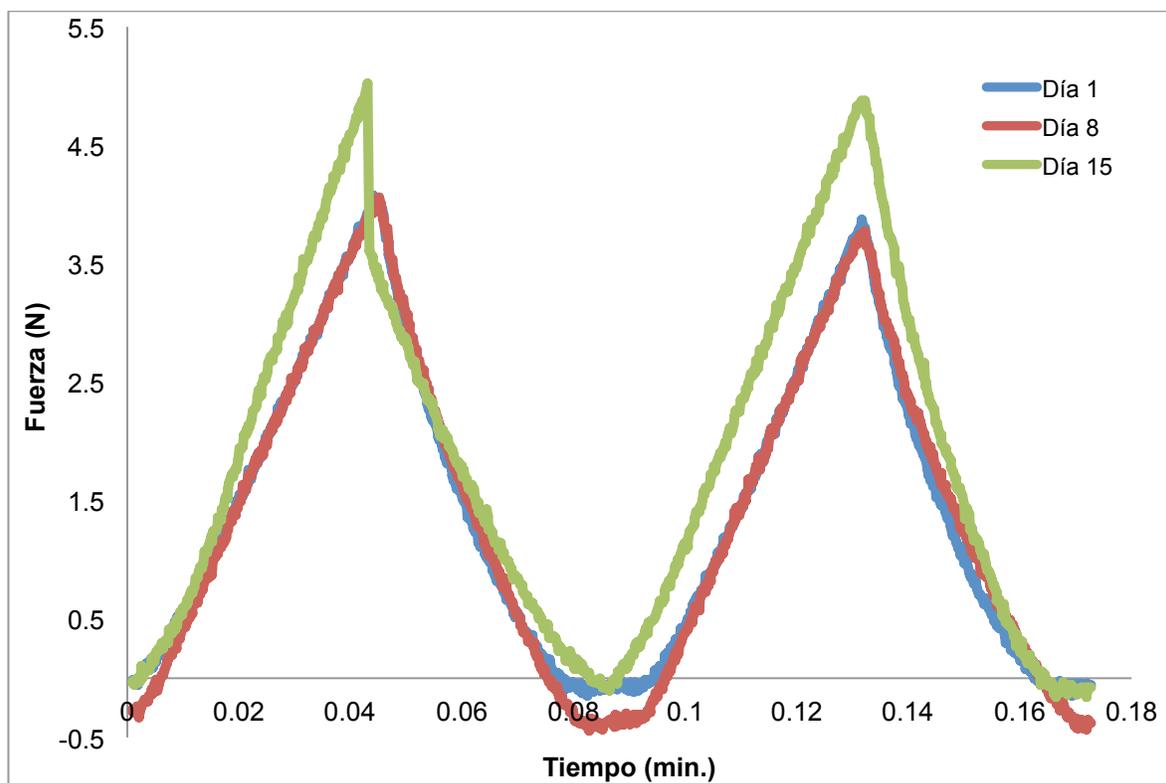


Figura 11.13. Curvas del TPA para la evaluación en tres tiempos de queso con epazote.

### 11.7 Datos completos del TPA de las formulaciones durante los tres tiempos

Tabla 11.8. Datos del TPA durante el día 1 (tiempo 1)

Muestra	No réplica	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Masticabilidad (J)
Queso comercial	1	2.62	2.54	0.9	0.00598
	2	2.71	2.54	0.9	0.00619
	3	2.92	2.55	0.9	0.00670
	4	2.53	2.54	0.9	0.00578
	X	2.69 ± 0.167	2.54 ± 0.0095	0.9 ± 0	0.00616 ± 0.0003
Queso blanco	1	2.2	2.53	0.8	0.00445
	2	2.34	2.54	0.8	0.00475
	3	2.12	2.53	0.8	0.00429
	4	2.38	2.54	0.8	0.00483
	X	2.26 ± 0.121	2.53 ± 0	0.8 ± 0	0.00458 ± 0.00025
Queso con chile jalapeño en escabeche	1	2.05	2.54	0.9	0.00468
	2	2.07	2.54	0.8	0.00420
	3	2.03	2.54	0.9	0.00464
	4	2.10	2.54	0.9	0.00481
	X	2.062 ± 0.02	2.54 ± 0	0.88 ± 0.05	0.00458 ± 0.00026
Queso con chile chipotle adobado	1	2.15	2.53	0.9	0.00489
	2	2.17	2.54	0.9	0.00496
	3	2.21	2.53	0.9	0.00503
	4	2.18	2.54	0.9	0.00498
	X	2.177 ± 0.02	2.535 ± 0.0057	0.9 ± 0	0.00496 ± 0.000058
Queso con epazote	1	2.18	2.53	0.9	0.00496
	2	2.27	2.53	1.0	0.00574
	3	2.25	2.53	0.9	0.00512
	4	2.31	2.53	0.9	0.00525
	X	2.25 ± 0.054	2.53 ± 0	1.0 ± 0.082	0.00526 ± 0.00033

Tabla 11.9. Datos del TPA durante el día 8 (tiempo 2)

Muestra	No réplica	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Masticabilidad (J)
Queso comercial	1	3.48	2.55	0.8	0.007
	2	3.31	2.54	0.8	0.0067
	3	3.23	2.55	0.8	0.0065
	4	3.28	2.56	0.8	0.0067
	X	3.32 ± 0.108	2.55 ± 0.0125	0.8 ± 0	0.0067 ± 0.00021
Queso blanco	1	3.29	2.55	0.8	0.0067
	2	3.14	2.55	0.8	0.0064
	3	3.27	2.55	0.8	0.0066
	4	3.30	2.55	0.8	0.0067
	X	3.25 ± 0.074	2.55 ± 0	0.8 ± 0	0.0066 ± 0.00015
Queso con chile jalapeño en escabeche	1	3.19	2.55	0.9	0.0073
	2	3.26	2.55	0.8	0.0066
	3	3.18	2.55	0.8	0.0064
	4	3.15	2.55	0.8	0.0064
	X	3.20 ± 0.046	2.55 ± 0	0.825 ± 0.05	0.0067 ± 0.00041
Queso con chile chipotle adobado	1	3.27	2.55	0.8	0.0069
	2	3.31	2.55	0.8	0.0067
	3	3.22	2.55	0.9	0.0074
	4	3.14	2.55	0.9	0.0072
	X	3.24 ± 0.073	2.55 ± 0	0.85 ± 0.057	0.007 ± 0.00035
Queso con epazote	1	3.29	2.54	0.9	0.0075
	2	3.36	2.54	0.8	0.0068
	3	3.45	2.54	0.8	0.0070
	4	3.24	2.54	0.9	0.0074
	X	3.35 ± 0.065	2.54 ± 0	0.85 ± 0.057	0.0072 ± 0.00032

Tabla 11.10. Datos del TPA durante el día 15 (tiempo 3)

Muestra	No réplica	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Masticabilidad (J)
Queso comercial	1	4.35	2.56	0.8	0.0089
	2	4.39	2.56	0.8	0.00899
	3	4.37	2.56	0.8	0.00894
	4	4.31	2.56	0.8	0.00882
	X	4.36 ± 0.034	2.56 ± 0	0.8 ± 0	0.00891 ± 0.00072
Queso blanco	1	4.05	2.55	0.8	0.00826
	2	4.01	2.56	0.8	0.00821
	3	3.93	2.55	0.8	0.00802
	4	4.08	2.56	0.8	0.00835
	X	4.02 ± 0.065	2.56 ± 0.0057	0.8 ± 0	0.00821 ± 0.00013
Queso con chile jalapeño en escabeche	1	4.22	2.56	0.7	0.00756
	2	4.17	2.56	0.8	0.00854
	3	4.21	2.56	0.8	0.00862
	4	4.19	2.56	0.8	0.00858
	X	4.20 ± 0.02	2.56 ± 0	0.775 ± 0.05	0.00832 ± 0.00051
Queso con chile chipotle adobado	1	4.14	2.56	0.8	0.00741
	2	4.22	2.56	0.8	0.00864
	3	4.11	2.56	0.8	0.00841
	4	4.26	2.56	0.8	0.00872
	X	4.18 ± 0.07	2.56 ± 0	0.8 ± 0	0.00856 ± 0.00060
Queso con epazote	1	4.66	2.55	0.8	0.00950
	2	4.92	2.56	0.8	0.0101
	3	5.02	2.55	0.8	0.0102
	4	4.88	2.55	0.8	0.00995
	X	4.8 ± 0.15	2.55 ± 0	0.8 ± 0	0.00993 ± 0.00031

## 11.8 Evaluación sensorial para comparación con producto comercial

### 11.8.1 Queso blanco

#### 11.8.1.1 Cuestionario

Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

¿Consumes queso fresco de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Qué tan seguido lo consumes?: diario / semanal/ mensual/ rara vez

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene dos muestras de queso fresco. Empiece probando la muestra de la izquierda y anote sobre la escala correspondiente que tanto le gusta Repita el mismo procedimiento con la muestra siguiente, tomando agua antes de probarla.

761	874
Me disgusta extremadamente	Me disgusta extremadamente
Me disgusta mucho	Me disgusta mucho
Me disgusta moderadamente	Me disgusta moderadamente
Me disgusta poco	Me disgusta poco
No me gusta ni me disgusta	No me gusta ni me disgusta
Me gusta poco	Me gusta poco
Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente
Me gusta mucho	Me gusta mucho
Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente

¿Qué característica(s) de cada muestra determino el gusto por ella?:

Muestra 761: Cantidad de sal Cantidad de chile jalapeño Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

Muestra 874: Cantidad de sal Cantidad de chile jalapeño Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué es lo que cambiaría a cada una de las muestras?:

Muestra 761: \_\_\_\_\_

Muestra 874: \_\_\_\_\_

¿Considera que hay algún atributo que mejorar en la muestra que gusto mas? Si No

¿Cuál (es)?: \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.14. Cuestionario de la prueba comparativa con queso blanco.

La relación de las claves empleadas es:

- 761: producto desarrollado
- 874: producto comercial

## 11.8.1.2 Hoja de vaciado de datos

Consumidor	761	874	Edad	Género	Qué gustó 761	Qué cambiaría 761	Frecuencia de consumo
1	7	7	43	F	textura		diario
2	6	7	23	F	sal	textura	semanal
3	7	7	18	M	textura		diario
4	7	7	26	F	sabor		semanal
5	7	5	18	M	sabor		mensual
6	6	5	22	M	textura	menos sal	diario
7	6	7	18	F	textura		diario
8	7	5	22	M	textura		diario
9	7	6	18	F	textura	mas sal	mensual
10	7	7	24	M	textura		semanal
11	7	2	20	F	sabor		semanal
12	7	5	21	M	sabor	textura	diario
13	6	7	18	F	textura		diario
14	6	7	21	M	textura		semanal
15	6	7	19	F	sabor	mas sal	semanal
16	7	7	22	M	textura		diario
17	7	5	18	F	sal		semanal
18	7	5	21	M	sal		mensual
19	6	5	20	F	sabor		semanal
20	7	5	40	M	textura	mas sal	semanal
21	6	7	25	F	textura		semanal
22	6	7	20	M	textura		diario
23	6	7	20	F	sal		diario
24	7	6	19	M	sal	textura	semanal
25	6	6	21	F	sabor	textura	diario
26	7	6	19	M	sabor		no
27	7	5	22	F	sal		semanal
28	6	7	20	M			diario
29	7	5	18	F	textura		mensual
30	6	7	19	M	sabor		semanal
31	6	7	23	F	sabor		semanal
32	6	6	20	M	sabor		diario
33	7	5	18	F	sabor		semanal
34	6	7	31	M	textura	menos sal	diario
35	6	6	18	F	textura		semanal
36	7	5	25	M	sabor	mas sal	semanal
37	7	5	19	F	sabor		semanal
38	6	7	19	M	textura		diario

39	6	7	19	F	sabor	textura	semanal
40	7	7	23	M	textura		semanal
41	8	5	24	F	sabor		diario
42	6	7	21	M	textura		semanal
43	6	7	17	F	sabor	textura	no
44	7	5	26	M	sabor		semanal
45	7	5	18	F	textura		semanal
46	7	6	18	M	sal		diario
47	7	5	18	F	sal	textura	diario
48	6	7	24	M	sabor		diario
49	6	7	19	F			no
50	6	7	19	M	textura		semanal
51	7	7	24	F	sabor		diario
52	6	7	18	M	sabor		diario
53	7	7	20	F	sabor	textura	diario
54	6	6	18	M	textura		semanal
55	7	7	19	F	textura		diario
56	6	7	23	M	sabor		semanal
57	6	4	19	F	sabor		semanal
58	7	5	57	M	sal		semanal
59	7	4	20	F	textura	mas sal	semanal
60	6	7	23	M	textura		mensual
61	6	5	20	F	textura		semanal
62	8	6	19	M	textura		semanal
63	7	4	23	F	textura		semanal
64	6	7	18	M	sabor	textura	semanal
65	6	6	23	F	textura	mas sal	diario
66	7	7	18	F	sabor		semanal
67	6	7	28	F	textura	mas sal	diario
68	6	6	21	M	sabor		semanal
69	7	4	18	F	sabor		diario
70	6	7	20	M	textura		diario
71	6	7	18	F	sabor		semanal
72	7	8	20	F	textura		semanal
73	7	7	21	M	sal	textura	diario
74	6	7	18	F	textura		semanal
75	6	7	18	F	textura		semanal
76	8	8	18	M	textura		mensual
77	8	6	20	F	sal		semanal
78	6	7	18	F	textura		diario
79	7	8	22	M	sabor		no

80	7	5	26	F	textura		semanal
81	6	7	19	F	textura	mas sal	diario
82	6	6	18	M	sabor		semanal
83	6	7	20	F	textura		diario
84	7	7	18	F	sal		semanal
85	6	7	18	M	sabor	mas sal	diario
86	6	6	22	F	textura	mas sal	semanal
87	7	6	18	F	textura		diario
88	7	8	18	M	sabor		semanal
89	7	7	18	F	textura		semanal
90	6	7	19	F	sabor		diario
91	6	7	28	M	sal		diario
92	7	7	18	F	textura		semanal
93	6	7	19	F	textura		semanal
94	7	5	19	M	sabor	menos sal	diario
95	6	7	18	F	sabor		diario
96	7	5	20	F	sabor	textura	diario
97	7	8	19	M	sabor		semanal
98	6	6	18	F	textura		semanal
99	7	5	20	F	sal		mensual
100	7	5	23	M	textura		diario
X	6.55	6.24					
$\sigma$	0.57	1.10					

## 11.8.2 Queso con chile jalapeño

### 11.8.2.1 Cuestionario

Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

¿Consumes chile jalapeño de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Qué tan seguido lo consumes?: diario / semanal/ mensual/ rara vez

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene dos muestras de queso con chile. Empiece probando la muestra de la izquierda y anote sobre la escala correspondiente que tanto le gusta Repita el mismo procedimiento con la muestra siguiente, tomando agua antes de probarla.

274	391
Me disgusta extremadamente	Me disgusta extremadamente
Me disgusta mucho	Me disgusta mucho
Me disgusta moderadamente	Me disgusta moderadamente
Me disgusta poco	Me disgusta poco
No me gusta ni me disgusta	No me gusta ni me disgusta
Me gusta poco	Me gusta poco
Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente
Me gusta mucho	Me gusta mucho
Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente

¿Qué característica(s) de cada muestra determino el gusto por ella?:

Muestra 274: Cantidad de sal    Cantidad de chile jalapeño    Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

Muestra 391: Cantidad de sal    Cantidad de chile jalapeño    Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué es lo que cambiaría a cada una de las muestras?:

Muestra 274: \_\_\_\_\_

Muestra 391: \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.15. Cuestionario de la prueba comparativa con queso con chile jalapeño.

La relación de las claves empleadas es:

- 274: producto desarrollado
- 391: producto comercial

## 11.8.2.2 Hoja de vaciado de datos

Consumidor	274	391	Edad	Género	Qué gustó 274	Qué cambiaría 274	Frecuencia de consumo
1	7	5	23	F	chile	más chile	diario
2	6	7	24	F	chile	más chile	diario
3	6	7	22	F	textura	textura	diario
4	6	7	21	M	chile	más sal	semanal
5	7	8	22	M	textura		mensual
6	7	7	21	M	chile	más chile	mensual
7	6	7	21	F	chile	picado	semanal
8	6	7	20	F	textura		diario
9	8	7	22	M	textura	más sal	semanal
10	6	7	22	F	textura		no
11	6	7	26	F	sal	textura	no
12	5	6	25	F	textura	más chile	semanal
13	6	7	24	F	sal	menos sal	no
14	6	6	22	M	textura	textura	no
15	6	7	52	M	chile	picado	semanal
16	7	7	22	F	sal		diario
17	6	5	22	M	chile	picado	mensual
18	7	7	21	F	textura	más sal	mensual
19	6	7	24	M	chile		semanal
20	6	8	24	M	sal	más chile	semanal
21	7	5	55	M	textura	menos sal	diario
22	5	6	24	F	sal	textura	mensual
23	6	6	24	M	textura		diario
24	6	7	23	F	chile	picado	semanal
25	7	7	31	F	textura		semanal
26	6	7	22	M		picado	diario
27	7	5	22	F	sal	picado	mensual
28	6	5	23	M	chile	más sal	semanal
29	6	6	23	F	chile		mensual
30	6	5	22	M	sal		mensual
31	7	5	22	F	chile		mensual
32	6	5	27	M	chile	menos sal	mensual
33	7	5	21	F	sal	textura	semanal
34	7	6	22	M	chile		diario
35	6	7	21	F	textura	picado	mensual
36	7	6	22	F	sal		semanal
37	6	7	24	F			semanal
38	6	7	22	F	textura	picado	mensual

39	7	8	22	F	textura	más chile	diario
40	6	7	24	F	chile		diario
41	6	7	21	M	chile	menos chile	diario
42	7	7	21	M	textura		semanal
43	7	5	33	M	sal	menos chile	mensual
44	7	6	21	M	textura		semanal
45	7	7	22	M	textura	picado	mensual
46	7	5	23	F	chile		semanal
47	6	7	21	M	textura	más chile	mensual
48	7	6	21	F	chile		diario
49	7	5	21	F	chile	picado	semanal
50	7	1	22	M	chile		mensual
51	7	7	24	F	chile		diario
52	7	7	23	F	sal	textura	semanal
53	7	7	28	M	sal	picado	diario
54	6	7	21	M	chile		semanal
55	7	5	24	F	textura	menos sal	semanal
56	8	7	22	M	sal	más chile	mensual
57	8	5	21	F	textura		semanal
58	8	6	26	F	sal	menos sal	diario
59	8	5	25	F	sal		semanal
60	7	5	25	F	chile	menos sal	no
61	8	5	25	M	chile		mensual
62	6	5	23	F	chile	menos sal	mensual
63	8	6	23	M	sal	menos chile	diario
64	7	5	21	F	chile		semanal
65	8	8	24	F	chile	menos chile	mensual
66	7	6	21	F	chile		semanal
67	6	7	21	F	chile	picado	mensual
68	8	7	24	F	chile	textura	semanal
69	7	6	21	M	chile		mensual
70	7	5	21	M	sal	menos chile	mensual
71	7	5	22	M	chile		diario
72	7	7	21	M	sal	menos chile	mensual
73	6	5	23	F	chile	picado	mensual
74	6	7	23	F	sal	menos chile	diario
75	6	7	24	F	chile		diario
76	7	5	21	M		picado	mensual
77	7	7	23	F	chile	picado	mensual
78	6	5	23	F	chile		diario
79	8	5	21	F	chile	picado	semanal

80	7	6	26	M	chile	menos sal	semanal
81	7	7	21	F	sal		mensual
82	7	7	24	F	sal	menos chile	semanal
83	7	8	22	M	chile		mensual
84	7	5	23	M	chile	más chile	semanal
85	7	5	50	M	sal	picado	semanal
86	9	5	26	M	chile		mensual
87	8	7	73	F	chile		mensual
88	9	7	25	M	chile	picado	semanal
89	7	5	20	F	chile		semanal
90	6	7	21	F	chile	textura	mensual
91	7	7	23	M	sal		semanal
92	7	5	24	M	chile	picado	semanal
93	8	6	25	F	chile		mensual
94	6	7	25	M	chile	picado	mensual
95	7	5	20	F	sal	más chile	no
96	8	7	20	F	chile		semanal
97	7	7	27	M	chile	textura	semanal
98	6	7	25	M	chile		semanal
99	7	6	22	M	sal	picado	semanal
100	7	5	22	M	chile	menos sal	diario
X	6.77	6.19					
$\sigma$	0.77	1.09					

### 11.8.3 Queso con chile chipotle

#### 11.8.3.1 Cuestionario

Edad \_\_\_\_\_ Género \_\_\_\_\_

¿Consumes chile chipotle de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Qué tan seguido lo consumes?: diario / semanal/ mensual/ rara vez

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene dos muestras de queso con chile. Empiece probando la muestra de la izquierda y anote sobre la escala correspondiente que tanto le gusta Repita el mismo procedimiento con la muestra siguiente, tomando agua antes de probarla.

630	518
Me disgusta extremadamente	Me disgusta extremadamente
Me disgusta mucho	Me disgusta mucho
Me disgusta moderadamente	Me disgusta moderadamente
Me disgusta poco	Me disgusta poco
No me gusta ni me disgusta	No me gusta ni me disgusta
Me gusta poco	Me gusta poco
Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente
Me gusta mucho	Me gusta mucho
Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente

¿Qué característica(s) de cada muestra determino el gusto por ella?:

Muestra 630: Cantidad de sal    Cantidad de chile chipotle    Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

Muestra 518: Cantidad de sal    Cantidad de chile chipotle    Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué es lo que cambiaría a cada una de las muestras?:

Muestra 630: \_\_\_\_\_

Muestra 518: \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.16. Cuestionario de la prueba comparativa con queso con chile chipotle.

La relación de las claves empleadas es:

- 518: producto desarrollado
- 630: producto comercial

## 11.8.3.2 Hoja de vaciado de datos

Consumidor	518	630	Edad	Género	Qué gustó 518	Que cambiaría 518	Frecuencia de consumo
1	6	6	26	M	chile	textura	mensual
2	7	7	21	M	chile	más sal	mensual
3	6	7	24	M	chile	textura	mensual
4	6	5	25	M	chile	menos chile	mensual
5	6	7	28	M	chile	picado	semanal
6	7	5	28	M	chile	picado	mensual
7	7	7	26	F	chile	textura	mensual
8	8	6	25	F	chile	más sal	rara vez
9	6	7	24	F	chile	textura	semanal
10	6	5	24	F	chile	menos chile	mensual
11	5	6	23	F	chile	menos chile	mensual
12	7	5	27	M	chile	menos chile	semanal
13	7	6	22	F	sal		diario
14	7	5	22	F	chile	menos chile	semanal
15	7	6	27	F	chile	más sal	mensual
16	6	7	26	F	textura	menos chile	semanal
17	7	7	31	F	chile	textura	semanal
18	8	5	22	M	chile	más sal	semanal
19	7	6	37	M	chile	picado	mensual
20	6	7	49	M	chile	picado	mensual
21	6	5	55	F	sal		mensual
22	7	5	44	F	chile	menos chile	semanal
23	6	6	33	F	textura	textura	semanal
24	8	5	23	F	chile	más sal	mensual
25	7	8	25	F	chile	textura	semanal
26	8	5	22	F	sal	menos chile	semanal
27	7	5	23	F	chile		semanal
28	7	6	23	F	chile	más sal	semanal
29	8	5	22	F	sal	textura	mensual
30	6	7	21	F	chile	textura	semanal
31	7	5	23	M	chile	más sal	semanal
32	7	5	24	M	chile	textura	diario
33	7	3	22	M	chile	menos chile	diario
34	7	5	24	F	chile	menos chile	mensual
35	8	5	21	M	textura	picado	semanal
36	7	5	22	F	chile	picado	semanal
37	7	7	20	M	chile	picado	mensual
38	6	7	21	M	chile	picado	semanal

39	8	7	24	F	chile	más sal	semanal
40	6	5	27	F	textura	más sal	semanal
41	7	5	33	M	sal	menos chile	mensual
42	7	5	24	F	sal	menos chile	mensual
43	7	5	21	F	chile	textura	mensual
44	6	7	24	F	chile	más sal	mensual
45	8	5	23	F	chile		semanal
46	6	5	23	F	chile	picado	rara vez
47	7	5	28	M	textura	picado	mensual
48	5	5	21	M		menos chile	mensual
49	7	5	24	F	chile		mensual
50	6	7	21	F	chile	textura	semanal
51	7	5	22	F	chile	textura	semanal
52	7	7	49	M	chile		rara vez
53	8	7	24	M	chile	textura	mensual
54	7	7	22	F	chile	textura	semanal
55	7	5	22	M	sal		diario
56	7	7	22	M	chile	textura	semanal
57	7	7	25	M	chile	textura	semanal
58	7	5	30	M	chile	textura	mensual
59	8	6	20	F	chile	picado	mensual
60	7	5	23	M	chile	menos chile	mensual
61	6	7	22	M	chile	menos chile	mensual
62	7	5	22	F	chile	picado	semanal
63	7	7	26	F	chile		semanal
64	8	7	22	M	chile		diario
65	7	7	21	F	chile	menos chile	mensual
66	8	5	23	F	sal	menos chile	semanal
67	5	7	21	M	textura	menos chile	semanal
68	6	7	21	F	chile	menos chile	mensual
69	7	5	25	M	sal		mensual
70	7	7	23	F	sal		semanal
71	8	5	25	M	chile	más sal	semanal
72	6	5	22	M	chile	textura	rara vez
73	8	6	22	F	chile		diario
74	7	5	20	F	chile	textura	semanal
75	7	5	22	M	chile		semanal
76	6	7	22	M	chile	picado	diario
77	7	5	23	M	chile		rara vez
78	7	5	22	M	chile	picado	semanal
79	7	7	31	F	chile	textura	d

80	6	6	23	F	chile	menos chile	rara vez
81	7	8	21	F	chile	textura	semanal
82	8	6	20	M	chile		mensual
83	7	8	23	F	sal		diario
84	7	5	21	F	chile	picado	semanal
85	6	7	22	F	chile	menos chile	semanal
86	7	5	24	F	chile	menos chile	mensual
87	7	6	23	M	chile	más sal	semanal
88	8	5	22	M	chile	textura	semanal
89	5	7	23	F	chile	más sal	semanal
90	8	6	23	M	chile	textura	mensual
91	8	6	23	F	chile	picado	mensual
92	6	5	23	F	chile	picado	semanal
93	7	6	21	M	chile	textura	mensual
94	6	5	23	M	sal	picado	semanal
95	8	6	57	M	sal	picado	semanal
96	7	5	23	F	chile	picado	rara vez
97	7	7	67	F	sal	textura	semanal
98	7	5	21	F	sal	textura	diario
99	8	6	23	M	chile		diario
100	6	7	22	M	chile	textura	mensual
S	6.87	5.89					
$\sigma$	0.77	0.99					

### 11.8.4 Queso con epazote

#### 11.8.4.1 Cuestionario

Edad \_\_\_\_\_ Genero \_\_\_\_\_

¿Consumes alimentos con epazote de manera regular? Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Qué tan seguido los consumes?: diario / semanal/ mensual/ rara vez

INSTRUCCIONES: Frente a usted tiene dos muestras de queso con epazote. Empiece probando la muestra de la izquierda y anote sobre la escala correspondiente que tanto le gusta Repita el mismo procedimiento con la muestra siguiente, tomando agua antes de probarla.

482	365
Me disgusta extremadamente	Me disgusta extremadamente
Me disgusta mucho	Me disgusta mucho
Me disgusta moderadamente	Me disgusta moderadamente
Me disgusta poco	Me disgusta poco
No me gusta ni me disgusta	No me gusta ni me disgusta
Me gusta poco	Me gusta poco
Me gusta moderadamente	Me gusta moderadamente
Me gusta mucho	Me gusta mucho
Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente

¿Qué característica(s) de cada muestra determino el gusto por ella?:

Muestra 482: Cantidad de sal    Cantidad de epazote    Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

Muestra 365: Cantidad de sal    Cantidad de epazote    Textura  
Otra: \_\_\_\_\_

¿Qué es lo que cambiaría a cada una de las muestras?:

Muestra 482: \_\_\_\_\_

Muestra 365: \_\_\_\_\_

Gracias por participar

Figura 11.17. Cuestionario de la prueba comparativa con queso con epazote.

La relación de las claves empleadas es:

- 365: producto desarrollado
- 482: producto comercial

## 11.7.8.2 Hoja de vaciado de datos

Consumidor	365	482	Edad	Género	Qué gustó 365	Qué cambiaría 365	Frecuencia de consumo
1	6	6	26	M	epazote	textura	mensual
2	7	6	60	F	epazote		mensual
3	7	7	37	F	epazote	textura	mensual
4	8	6	22	M	sal	menos epazote	mensual
5	6	7	25	F	sal	picado	semanal
6	7	7	28	M	sal	picado	mensual
7	7	6	24	F	sal	textura	mensual
8	7	7	24	F	epazote	picado	rara vez
9	8	6	26	F	sal	picado	semanal
10	7	6	28	F	epazote		mensual
11	7	7	26	M	textura	picado	mensual
12	7	6	23	F	sal		semanal
13	6	7	27	M	epazote	picado	diario
14	6	7	22	F	sal	más sal	semanal
15	7	7	22	F	epazote	menos epazote	mensual
16	7	7	27	F	epazote	más sal	semanal
17	7	7	26	F	epazote	más sal	semanal
18	6	6	31	F	sal	picado	semanal
19	6	7	22	M	sal		mensual
20	7	6	25	M	epazote	picado	mensual
21	8	6	33	F	epazote	menos epazote	mensual
22	7	5	55	M	sal	picado	semanal
23	8	6	22	M	epazote	picado	semanal
24	7	6	44	F	epazote		mensual
25	8	6	22	M	sal		semanal
26	6	6	22	F	epazote	textura	semanal
27	7	6	49	M	textura		semanal
28	7	5	25	F	sal	picado	semanal
29	7	5	23	F	epazote	picado	mensual
30	5	7	22	F	epazote		semanal
31	8	6	23	M	sal	más sal	semanal
32	7	6	22	M	epazote	menos epazote	diario
33	7	6	24	M	epazote		diario
34	6	7	21	F	textura	más sal	mensual
35	6	7	23	F	epazote	menos epazote	semanal
36	8	5	21	M	epazote	picado	semanal
37	6	7	24	F	epazote	picado	mensual
38	7	6	21	M	sal		semanal

39	7	5	22	F	epazote	picado	semanal
40	6	7	24	F	sal	picado	semanal
41	8	5	20	F	textura	menos epazote	mensual
42	7	7	32	M	sal		mensual
43	7	7	24	F	sal	textura	mensual
44	8	5	27	F	epazote		mensual
45	5	6	23	F	sal	menos epazote	semanal
46	8	5	24	F	epazote		rara vez
47	6	7	21	M	sal	menos epazote	mensual
48	6	5	23	F	epazote		mensual
49	7	5	21	F	epazote	más sal	mensual
50	6	7	24	F	epazote	picado	semanal
51	6	7	21	F	textura	menos epazote	semanal
52	8	7	23	M	sal		rara vez
53	7	6	31	M	sal	menos epazote	mensual
54	7	6	21	M	epazote	más sal	semanal
55	7	6	22	F	epazote		diario
56	6	7	49	M	epazote	más sal	semanal
57	7	7	24	M	epazote		semanal
58	6	6	21	M	epazote	picado	mensual
59	6	7	23	M	epazote	picado	mensual
60	7	6	38	F	sal	picado	mensual
61	7	7	25	M	sal		mensual
62	7	6	30	M	sal		semanal
63	6	7	22	M	epazote	más sal	semanal
64	7	7	26	F	sal	textura	diario
65	8	6	21	M	epazote	más sal	mensual
66	7	5	25	M	epazote	picado	semanal
67	7	6	22	F	epazote	menos epazote	semanal
68	7	5	22	M	epazote		mensual
69	7	7	21	F	epazote	menos epazote	mensual
70	6	7	20	F	epazote	picado	semanal
71	7	6	22	M	sal	picado	semanal
72	6	5	23	F	sal	picado	rara vez
73	8	6	21	M	textura		diario
74	6	7	21	F	sal	menos epazote	semanal
75	7	7	25	M	sal	menos epazote	semanal
76	7	6	25	M	epazote		diario
77	7	7	23	F	epazote	textura	rara vez
78	7	7	22	M	epazote		semanal
79	7	5	22	F	epazote	textura	d

80	6	6	20	F	epazote		rara vez
81	6	7	22	M	epazote	textura	semanal
82	7	6	31	F	sal		mensual
83	6	7	22	M	sal	menos epazote	diario
84	6	6	23	F	epazote	más sal	semanal
85	7	6	22	M	epazote	menos epazote	semanal
86	6	6	21	F	textura		mensual
87	7	7	23	F	sal	menos epazote	semanal
88	6	6	23	F	sal	textura	semanal
89	7	6	23	F	epazote	textura	semanal
90	7	6	22	M	epazote		mensual
91	6	7	24	F	epazote	picado	mensual
92	7	5	22	F	epazote	picado	semanal
93	7	7	23	M	epazote		mensual
94	7	7	23	F	sal	menos epazote	semanal
95	6	7	23	F	epazote	más sal	semanal
96	7	7	21	M	sal	menos epazote	rara vez
97	7	6	57	M	epazote		semanal
98	7	7	67	F	sal	picado	diario
99	7	7	22	M	epazote	picado	diario
100	8	6	27	M	epazote	picado	mensual
X	6.8	6.29					
$\sigma$	0.69	0.71					

---

---

**11.9.5 Ejemplo de cálculo de *t* de student**

Para este ejemplo, se va a obtener la *t* de student de los quesos blancos.

Esto se hace primero calculando la *t* de student con base en la siguiente formula:

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}}$$

donde:

$\Sigma D$ : Suma total de las diferencias entre calificaciones

$\Sigma D^2$ : Suma de los cuadrados de las diferencias entre calificaciones

$n$ : Número de evaluaciones

En el caso de esta prueba, la *t* calculada da como resultado 2.41

Este valor se compara contra el valor de tablas (Pedrero, 1989) para 99 grados de libertad, el cual es 1.984.

Como resultado de esta comparación, se concluye que existe diferencia significativa entre las evaluaciones, por lo tanto la prueba es valida.

### 11.9 Desarrollo de preparados de chile jalapeño en escabeche y de chile chipotle adobado

Con el objetivo de optimizar el proceso de elaboración de los quesos botaneros con chile, se procedió a elaborar los preparados de éstos, buscando obtener productos lo más parecido a los comerciales.

Para esto, primero se identificaron los ingredientes de cada enlatado (jalapeño y chipotle), y posteriormente se buscaron formulaciones de cada uno en la literatura, eligiendo aquellas que emplearan todos, o la mayoría de estos ingredientes.

En el caso del chile jalapeño esto fue sencillo, ya que la mayoría de las formulaciones encontradas comparten los mismos ingredientes, por lo que se eligió la siguiente formulación:

Tabla 11.11. Formulación de chile jalapeño para 400-600 g de producto:

Ingrediente	Cantidad
<b>Chile jalapeño fresco</b>	400-600 g
<b>Agua potable</b>	400-500 mL
<b>Vinagre blanco</b>	400-500 mL
<b>Dientes de ajo</b>	3-5 piezas
<b>Aceite vegetal</b>	65-75 mL
<b>Cebolla blanca</b>	150-200 g
<b>Pimientas gordas</b>	1.5-2.0 g
<b>Hojas de laurel</b>	180-190 mg
<b>Clavos de olor</b>	245-250 mg
<b>Sal de mesa</b>	8-9 g
<b>Azúcar (Sacarosa)</b>	700-900 mg

El procedimiento de elaboración fue el siguiente:

1. Lavar y desinfectar los chiles.
2. Cortar los chiles a lo largo (rajas), removiendo el rabo y todas las semillas.
3. Calentar el aceite en una cacerola y acitronar en el la cebolla, previamente picada en trozos pequeños, y los dientes de ajo enteros por 3 minutos.

4. Agregar los chiles a la cacerola y dejarlos de 5-7 minutos.
5. Adicionar el agua junto con la sal, azúcar, clavos, pimienta y laurel.
6. Tapar la cacerola y dejar cocer por 10-15 minutos.
7. Adicionar el vinagre, volver a tapar, y dejar hervir otros 5-10 minutos.
8. Colocar los chiles y el escabeche dentro de un frasco de vidrio estéril, , dejando 1 cm. por debajo del borde, cerrar con una tapa metálica y colocar boca abajo por 5 minutos para esterilizar la tapa.
9. Dejar enfriar y almacenar en refrigeración.

Para el chile chipotle se encontraron más complicaciones debido a que cada formulación emplea diferentes ingredientes, aunque tenían un procesamiento muy similar. De todas las formulaciones encontradas, la que permitió la obtención de un producto similar al enlatado se describe a continuación:

Tabla 11.12. Formulación para chile chipotle adobado para 400-600 g de producto

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Chile chipotle o mora</b>	400-600 g
<b>Chile guajillo</b>	200-500 g
<b>Jitomate bola</b>	400-600 g
<b>Agua potable</b>	400-600 mL
<b>Aceite vegetal</b>	60-70 mL
<b>Cebolla blanca</b>	100-200 g
<b>Vinagre blanco</b>	90-110 mL
<b>Azúcar (Sacarosa)</b>	1.0-2.0 g
<b>Clavos de olor</b>	150-210 mg
<b>Pimienta gorda</b>	800-900 mg
<b>Sal</b>	2.0-3.0 g

El proceso de elaboración en esta formulación fue:

1. Lavar y desinfectar los chiles y el jitomate.
2. Hervir los chiles mora y los jitomates en el agua por 5 minutos.

- 
- 
3. Moler en una licuadora el chile guajillo, los jitomates, y de 200 a 300 g de chile mora.
  4. Calentar el aceite en una cacerola y acitronar en el la cebolla y el ajo por 5-7 min.
  5. Adicionar el puré de jitomate-chile, el vinagre, la sal, el azúcar, los clavos de olor y la pimienta, y dejar cocer por 15-20 minutos (adobo).
  6. Agregar los chiles que no se molieron al adobo, y dejar hervir por 10 minutos.
  7. Envasar de la misma manera que los chiles jalapeños.

---

---

## 12. Bibliografía

1. Abad, A., Bendersky, S., Genevois, C., Granzella, L., Montonati, M., Olagnero, G. (2007) *Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos*. Revista Diaeta, Vol. 25, No. 121, Buenos Aires, Argentina.
2. Aguilar Rodríguez Anabel (2010) *Investigación Bibliográfica Acerca de la Elaboración de Quesos de Mayor Consumo Nacional Dirigida al Desarrollo de Pequeñas Empresas*. Tesis Licenciatura. UNAM Facultad de estudios Superiores Cuautitlán, pp. 9-11, Cuautitlán Izcalli, Edo de México.
3. Bagley, E., & Christianson, D. (1987) *Measurement and interpretation of rheological properties of food*. *Food Technology*. Vol. 41, No. 3, 96-99.
4. Bello L. Juan Manuel, Lizeldi Bernardino V. González V. Erika, Manzo S. Anabelle, Nochebuena P. Xóchitl, Quiñones Ramírez Elsa Irma, Vázquez Salinas Carlos. (2004) *Productos Lácteos. La ruta de la metamorfosis*. Revista digital Universitaria. Vol. 5. No. 7.
5. Badui, D.S. (1999) *Química de los alimentos*, 3ª edición, Alhambra, México, D.F., pp. 591-602.
6. Bristom, M. (2002) Identification of key success factors of functional dairy foods product development. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 13, pp. 372-379.
7. Buriti, F.C.A., Cardarelli, H,R., Filisetti, T.M.C.C., Saad, S.M.I. (2007) *Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and Lactobacillus paracasei in co-culture with Streptococcus thermophilus* , *Food Chemistry*, Vol. 104, pp. 1605-1610.
8. Bourne, M.C., (2002) *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Food Science. and Technology., Academic Press, N.Y. pp. 115-119.
9. Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC), (2011) *El libro blanco de la Leche y los Productos Lácteos*. México, D.F. Disponible a través de internet en:  
<http://www.tomaunbuenconsejo.com.mx>

- 
- 
10. Centro de Actividad Regional Para la Producción Limpia (CAR/PL). (2002) *Prevención de la contaminación en la industria láctea*, Ministerio del Medio Ambiente de España.
  11. Dorantes, L. Colmenero, R. Hernandez, H. Mota, L. Jaramillo E., Fernandez, E., Solano C. (2000) *Inhibition of growth of some foodborne pathogenic bacteria by Capsicum annum extracts*. International Journal of Food Microbiology, 57, pp. 125-128.
  12. Esquivel, M., Food Technology Summit, México , Septiembre del 2008.
  13. Farkye, Nana. Y., Prasad, B. Bhanu., Rossi, R., Noyes, O.R. (1995) *Sensory and textural properties of Queso Blanco-type cheese influenced by acid type*. Journal of Dairy Science, Vol. 78, No. 6.
  14. Foegeding, E. Allen., Drake, Mary. A. (2003) *Invited Review: Sensory and Mechanical Properties of Cheese Texture*, Journal of Dairy Science. Vol. 90 pp. 1611-1624.
  15. Fogliano V., Vitaglione P. (2005) *Functional Foods: Planning and Development*, Molecular Nutrition & Food Research, Vol. 49, No. 3, pp. 256-262.
  16. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M. y McSweeney P.L. (2000) *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers Inc. Gaithersburg, USA, Maryland, pp. 223-256.
  17. Galván, M. (2005) *Proceso Básico de la Leche y el Queso*, Revista Digital Universitaria. Vol. 6. No. 9. Disponible a través de internet en:  
<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art87/int87.htm>
  18. García, C., Molina, M.E. (2008) *Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas*, Revista de Ingeniería, Vol. 18, No. 12, San José, Costa Rica.
  19. Hamaker, B.R. (2008) *Technology of Functional Cereal Products*, CRC Press, Boca Raton, pp. 412-426.
  20. Heller, K. J., Bockelmann, W., Schrezenmeir, J., & DeVrese, M. (2003) *Handbook of fermented functional Foods*, CRC Press. Boca Raton, pp. 203–225.

- 
- 
21. Hennelly, P.J., Dunne, P.G., O'sullivan, M., y Riordan, E.D., Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering*, 75, pp. 388-395.
  22. Heymann, H., Lawless, H. T. (2010) *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices*, 2<sup>nd</sup> edition, Springer. NY, pp. 108-115.
  23. ISO Standard 5492: Terms Relating to Sensory Analysis. International Organization for Standardization (2008).
  24. Jardón, S. B., *Estudio del efecto de la capsaicina en la textura en geles*. Tesis Licenciatura. UNAM, Facultad Química, México, D.F.
  25. Keating, P. F. (2008) *Introducción a la Lactología*, 2<sup>a</sup> edición, Limusa, México, D.F. pp. 45-62.
  26. Koca, N., Metin, M. (2004) *Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers*, *International Dairy Journal*, Vol. 14, pp. 365-373.
  27. Labuza, T.P.(2000) *The search for shelf life*. *Food Testing & Analysis*, Vol. 6. pp. 26-36.
  28. Labrecque JoAnne, Doyon Maurice, Bellavance Francois, y Kolodinsky Jane (2006) *Acceptance of Functional Foods: A Comparison of French, American, and French Canadian Consumers*, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 54.
  29. Law, B.A., Tamime, A.Y. (2010) *Technology of Cheesemaking*, 2<sup>nd</sup> edition, *Wiley-Blackwell*, UK, pp. 77-85, 260-275.
  30. Leotta, G. (2009) *Métodos rápidos: una herramienta útil y práctica para el análisis microbiológico de los alimentos*, *Revista Argentina de Microbiología*. Disponible a través de internet en:  
<http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v41n2/v41n2a01.pdf>
  31. Man D. (2004) *La Caducidad de los alimentos*, Acribia, España.
  32. Mehmet, A. M., Sundaram, G. (2003) *Cheese Rheology and Texture*, CRC Press, Boca Raton, pp. 335-348.
  33. Meyer, D. (2011) *Inulin as a Texture modifier in Dairy Products*. *Food Hydrocolloids*. Vol. 30, No. 1.

- 
- 
34. Mistry, V.V. (2001) *Low fat cheese technology*, International Dairy Journal, Vol. 11, pp. 413-422.
  35. Moskowitz, H. R. (1987). *Food Texture. Instrumental and Sensory Measurement*. New York: Marcel Decker Inc. pp. 230-235.
  36. Nollet, L.M.L., Toldra, F. (2010) *Handbook of Dairy Food Analysis*. CRC Press, pp. 485-520.
  37. Norma Mexicana NMX-F-099-1970. Método de prueba para la determinación de pH en quesos procesados.
  38. Norma Mexicana NMX-F-111-1984. Alimentos. Lácteos. Determinación de sólidos totales en quesos.
  39. Norma Mexicana NMX-F-206-1986 Determinación de acidez expresada como ácido láctico en leche en polvo.
  40. Norma Mexicana NMX-713-COFOCALEC-2005. Sistema producto leche – alimentos – lácteos – queso y queso de suero – denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.
  41. Norma Mexicana NMX-F-717-COFOCALEC-2006. Sistema producto leche – alimentos – lácteos – Análisis microbiológicos de leche y derivados - Métodos de prueba rápidos.
  42. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados - Información comercial y sanitaria.
  43. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
  44. Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2012. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
  45. Pastorino A. J., Hansen C. L., McMahon D. J. (2003). *Effect of salt on Structure- Function Relationships of Cheese*, Journal of Dairy Science, No. 86, pp. 60-69.

- 
- 
46. Pedrero, D. L. y Pangborn, R. M. (1989) *Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos*. Alambra Mexicana, México, D.F., pp. 105-107, 117-132.
47. Prentice, J.H. (1992) *Dairy Rheology. A Concise Guide*. VCH Publishers Inc., pp. 112-115.
48. Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) (2011) *Estudio de calidad: Queso Panela*, Revista del Consumidor, No. 413, México.
49. Ramírez Zermeño R.M., Pérez Bejarano, J.A. (2010) *Alimentos Funcionales. Principios y Nuevos Productos*. Trillas, México, D.F., pp. 53-87.
50. Robinson, R. K. (1987) *Microbiología Lactológica. Volumen II. Microbiología de los productos lácteos*. Acribia S.A. España, pp. 132-140.
51. Romero Rodríguez, C.P. (2011) *Viabilidad de microorganismos probióticos en queso por métodos moleculares*, Reporte de Estancia Estudiantil, UNAM Facultad de Química, México, D.F.
52. Rosenthal, A.J. (1999) *Food Texture. Measurement and Perception*. Aspen Publishers, Inc.
53. Roudot, A.C. (2004) *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Acribia S.A. España, pp. 55-69.
54. Scott-Blair G. W. (1958) *A Survey of General and Applied Rheology*, Dairy Inds., No. 23, 182.
55. Shi, John. (2007) *Functional Food Ingredients and Nutraceuticals*. CRC Press, Boca Raton, pp. 139-147.
56. Skibsted, L.H., Risbo, J., Anderson, M.L. (2010) *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*, CRC Press, Boca Raton,
57. Toyama, G. P. (2010) *Prebióticos, probióticos y simbióticos en la dietoterapia de los pacientes quemados*, Revista Diaeta, Vol. 28, No. 132, Buenos Aires, Argentina.
58. Tunick M. H. (2000) Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture, Journal of Dairy Science, Vol. 83, pp. 1892-1898.

- 
- 
59. Tunick M.H. (2010) Rheology and Texture of Commercial Queso Fresco Cheeses Made From Raw and Pasteurized Milk, *Journal of Food Quality*, Vol. 33, pp. 204-215.
  60. Villegas de Gante A. (2004) *Tecnología quesera*. Trillas, México, D.F., pp. 13, 59, 32, 111, 134-140, 338-340.
  61. Vinderola C.G., Prosello W., Ghiberto D., Reinheimer J.A. (2000) *Viability of Probiotic (Bifidobacterium, Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus casei) and Nonprobiotic Microflora in Argentinian Fresco Cheese*. *Journal of Dairy Science*. Vol. 83, pp. 1905-1911.
  62. Walstra, Pieter., Wouters, Jan T. M., Geurts, Tom J. (2006) *Dairy Science and Technology*. 2nd edition. CRC Press, Boca Raton, pp. 577-583.
  63. World Gastroenterology Organisation (WGO) Practice Guideline (2008) Probiotics & Prebiotics.