



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL  
CENTRO DE LA REPÚBLICA (PROPAC)

**EFFECTO DE UN TRATAMIENTO TÉRMICO POST-EMPAQUE SOBRE  
LA VIDA DE ANAQUEL Y LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS Y  
SENSORIALES DE SALCHICHAS EMPACADAS AL VACÍO.**

**TESIS**

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

PRESENTA:

**Q.F.B. YULIANA DESIREÉ ZACARIAS MUÑOZ**

DIRIGIDO POR:

**Dra. SOFÍA MARÍA ARVIZU MEDRANO**

C.U. QUERÉTARO, QRO., NOVIEMBRE 2011



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Química

Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República  
(PROPAC)

**EFFECTO DE UN TRATAMIENTO TÉRMICO POST-EMPAQUE SOBRE LA VIDA DE ANAQUEL Y LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS Y SENSORIALES DE SALCHICHAS EMPACADAS AL VACÍO.**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
**MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Presenta

Q.F.B. Yuliana Desireé Zacarías Muñoz

Dirigido por

Dra. Sofía María Arvizu Medrano

**SINODALES**

Dra. Sofía María Arvizu Medrano  
Presidente

Dra. Montserrat Hernández Iturriaga  
Secretario

Dra. Dra. Clara Escamilla Santana  
Vocal

Dr. Luis Medina Torres  
Suplente

Dr. Jorge Domínguez Domínguez  
Suplente

**Q.B. Magali E. Aguilar Ortíz**  
Director de la Facultad de Química

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

**Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval**  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro  
Noviembre, 2011  
México

*"Nuestra tarea es aprender, llegar a ser divinos a través del conocimiento.  
Sabemos tan pocas cosas... Gracias al conocimiento nos acercamos a Dios,  
y entonces podemos descansar.  
Después, volvemos para enseñar y ayudar a los demás."*

*B. Weiss*

## RESUMEN

Las salchichas son productos de gran demanda entre la población mexicana. Una forma común de su deterioro consiste en la generación de material lechoso y gasificación, comúnmente ocasionado por *Leuconostoc*. La aplicación de un tratamiento térmico posterior al empaque podría disminuir la carga microbiana del producto y prolongar la vida de anaquel. Sin embargo puede afectar las características reológicas y sensoriales del alimento. En este trabajo se investigó el efecto del tratamiento térmico sobre la viabilidad de cepas de *Leuconostoc* spp., las características reológicas y sensoriales de salchichas empacadas al vacío, así como de su estabilidad durante el almacenamiento en refrigeración. Se aplicaron tratamientos térmicos en baño María de precisión (60-80°C/30-50 min) sobre salchichas inoculadas con mezclas de cepas de *L. mesenteroides* y *L. lactis* de forma independiente y se cuantificaron los sobrevivientes en agar MRS con rifampicina. Salchichas no inoculadas se emplearon para realizar el perfil de textura a 70% de compresión. El análisis sensorial se realizó a salchichas no inoculadas y expuestas a 70°C/50 min con un panel entrenado. Salchichas inoculadas con una mezcla de cepas de *L. mesenteroides* y tratadas térmicamente (70°C/50 min) se almacenaron a 4°C por 6 semanas y se cuantificó el microorganismo periódicamente. La temperatura del tratamiento mostró mayor efecto sobre la inactivación de *Leuconostoc* que el tiempo de exposición al tratamiento. Se observó una reducción promedio para *L. lactis* de 0.26, 0.81, 2.27, 1.93 y >3.45 Log UFC/salchicha, a 60, 65, 70, 75 y 80°C respectivamente. Mientras que para *L. mesenteroides* los valores correspondientes fueron 0.07, 0.29, 2.79, 1.71 y 2.75 Log UFC/salchicha. La exposición a 70°C/50 min redujo 3.5-4 Log UFC/salchicha. Se observó una tendencia al incremento de la dureza y la masticabilidad de las salchichas con la exposición al tratamiento térmico. Los parámetros texturales de las salchichas expuestas a 70°C/50 min fueron diferentes al control, sin embargo en el análisis sensorial los jueces entrenados no detectaron las diferencias. La aplicación del tratamiento a 70°C/50 min no modifica significativamente las características mecánicas y sensoriales del producto, y mantiene su estabilidad en refrigeración por al menos seis semanas.

**(Palabras clave:** *Leuconostoc* spp, salchichas, textura de embutidos, tratamiento térmico post-empaque)



SECRETARÍA  
ACADÉMICA

## SUMMARY

There is great demand for sausages among the population of Mexico. A common form of sausage spoilage is the creation of milky material and gasification, frequently caused by *Leuconostoc*. Heat treatment after packaging could reduce the product's microbial load and extend shelf life. However, this can affect the rheological and sensory characteristics of the product. In this study we investigated the effect of heat treatment on the viability of *Leuconostoc* spp. and the rheological and sensory characteristics of vacuum packed sausages, as well as stability during refrigerated storage. Heat treatments were applied in a precision water bath (60-80°C/30-50 min) to sausages independently inoculated with mixtures of strains of *L. mesenteroides* and *L. lactis*, and survivors were quantified in MRS agar with rifampicin. Non-inoculated sausages were used to carry out a texture profile at 70% compression. Sensory analysis was performed on non-inoculated sausages exposed to 70°C/50 min with a trained panel. Sausages inoculated with a mixture of strains of *L. mesenteroides* and given heat treatments (70°C/50 min) were stored at 4°C for 6 weeks, quantifying the microorganism periodically. Treatment temperature showed a greater effect on the inactivation of *Leuconostoc* than the exposure time. Average reductions of *L. lactis* were 0.26, 0.81, 2.27, 1.93 and >3.45 Log CFU/sausage at 60, 65, 70, 75 and 80°C, respectively. For *L. mesenteroides* the corresponding values were 0.07, 0.29, 2.79, 1.71 and 2.75 Log CFU/sausage. Exposure at 70°C/50 min reduced the *Leuconostoc* population by 3.5-4 Log CFU/sausage. Hardness and chewiness of the sausage increased with exposure to heat treatment. Textural parameters of sausages exposed to 70°C/50 min were different from control; however the differences were not detected by trained judges during sensory analysis. Application of the treatment at 70°C/50 min does not significantly modify the mechanical and sensory characteristics of the product which remains stable in refrigeration for at least six weeks.

**(Key words:** *Leuconostoc* spp, sausage, rheological and sensory characteristics, post-packaging heat treatment)





## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado.

*Lo más bello que podemos experimentar es el lado misterioso de la vida. A. Einstein.*

A la doctora Sofía Arvizu Medrano por haber confiado en mí para llevar a cabo este proyecto, por sus conocimientos y especialmente por brindarme su amistad.

A la doctora Montserrat Hernández Iturriaga por el apoyo y la confianza que me brindó y por recordarme una de las cosas más importantes de la vida: sonreír a pesar de que el corazón se sienta solitario por la ausencia de una gran persona.

-A la doctora Clara Escamilla Santana y a los doctores Luis Medina Torres y Jorge Domínguez Domínguez por formar parte de esta experiencia tan enriquecedora ya que no solamente me brindaron su tiempo y sus conocimientos sino también me permitieron ver su sencillez y el entusiasmo con que realizan su trabajo.

-Al laboratorio del doctor Edmundo Mercado y a la increíble paciencia de la doctora Estela Vázquez Barrios por el apoyo para la realización de las pruebas de textura.

*Ser unidos es una gran virtud. Pero respetar el derecho a ser diferentes es quizá una virtud aún mayor. Bono-U2.*

-A mis compañeros de generación (2009-2011) del PROPAC por enseñarme que siempre es bueno iniciar nuevas amistades y a mis compañeros del laboratorio de Microbiología por compartir tantos momentos juntos.

-A Chuy Padilla, Anayeli Olvera, y Ana Laura por apoyarme en las tareas diarias del laboratorio, sin su ayuda esto nunca hubiera sido posible.

*"Amigo, quería que supieras que yo estoy de tu lado... solo quería que lo supieras..." Jack Sparrow*

-A mis amigas: Vero Arias por compartir conmigo sus conocimientos. A Carmen González por contagiarme de su alegría. A la señora Martha Andrade por brindarme su amistad y por estar siempre al pendiente de mí. A la señorita Sara Lomelí por tantos momentos alegres llenos de buena música y sincera amistad. A todas ustedes mil gracias por todo.

*..que pueda contar contigo, como sabes que conmigo siempre, que no cuente la suerte no, sólo el destino que nos presentó. Enrique Bunbury*

-A mi entrañable amiga Anna Negrete por su peculiar forma de tener siempre una respuesta preparada para cualquier momento y situación y porque juntas hemos aprendido que aunque sea grande el dolor de la distancia, la recompensa es mucho mayor.

-A las familias Muñoz-Jaramillo y Zacarías-Hernández porque siempre estuvieron al pendiente de mí y me hicieron sentir su apoyo de muchas maneras.

*Si escalo el cielo, allí estás tú; si me acuesto en el abismo, allí te encuentro. Salmo 138.*

-A mis padres Doña Yolanda y Don Meño por apoyarme en mis sueños, ayudarme a cumplirlos y por todo el amor que me dan.

*... pero si tuviera las estrellas de la noche más oscura y los diamantes del océano más profundo, renunciaría a ello a cambio de tu dulce sonrisa, porque eso es todo lo que quiero tener. Bob Dylan*

-A Melissa Itzel, gracias por tu paciencia hermana y por las innumerables muestras de cariño que me das todos los días.

*El corazón tiene sus razones, que la razón desconoce. B. Pascal*

-A todas aquellas personas que me brindaron una sonrisa, momentos de alegría y tristeza, incluso a las que nunca leerán estos renglones y sin embargo aportaron un granito de arena para que esto tuviera un buen final, muchas gracias.

*..tú, mi ilusión eres tú, una estrella que alumbra el corazón. Y la magia en tus ojos es caricia en mi piel.  
Enrique Bunbury.*

-Hace unos meses, una persona me dijo, durante la realización de este proyecto, que la felicidad es como una velita que llevamos dentro de nosotros, los buenos momentos la alimentan para que siga prendida y que por ningún motivo debemos permitir que nada ni nadie amenacen con apagarla, desde entonces esa persona se ha convertido en pieza fundamental para que mi velita siga prendida, gracias Rodrigo Correa.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	iii
<b>SUMMARY</b>	iv
<b>DEDICATORIAS</b>	v
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. ANTECEDENTES</b>	3
2.1. Productos cárnicos en México. Panorama general	3
2.2. Las salchichas	4
2.3. Deterioro en productos cárnicos	8
2.3.1 Deterioro en salchicha y su impacto económico	10
2. 4. Métodos de control de los microorganismos	11
2.4.1. Tratamiento térmico post-empaque	13
2.4.2. Factores relevantes sobre la eficiencia del tratamiento térmico	14
2.5. Características de textura y sensoriales en productos cárnicos	15
2.5.1. Propiedades de textura	15
2.5.2. Utilidad del análisis sensorial en alimentos	18
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	22
<b>IV. HIPÓTESIS</b>	24
<b>V. OBJETIVOS</b>	24
5. 1. Objetivo general	24
5.2. Objetivos particulares	24
<b>VI. METODOLOGÍA</b>	25
6. 1. Materiales	25
6.2. MÉTODOS	27
6.2.1. Procedimientos generales	27
6.2.2. Evaluación del efecto de tiempo y temperatura del tratamiento térmico sobre la viabilidad de BAL naturalmente presentes en la salchicha y cepas de <i>Leuconostoc</i> aisladas de la planta procesadora de salchichas.	29
6.2.3. Determinación de las características de textura de salchichas expuestas a los tratamientos térmicos	30

6.2.4. Evaluación del efecto del tratamiento térmico sobre las características sensoriales de salchichas	32
6.2.5. Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad de salchichas almacenadas a 7°C	34
<b>VII. ANALISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>35</b>
<b>VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
8.1. Evaluación del efecto de tiempo y temperatura del tratamiento térmico sobre la viabilidad de BAL naturalmente presentes en la salchicha y cepas de <i>Leuconostoc</i> aisladas de la planta procesadora de salchichas.	36
8.1.1. Determinación de la termotolerancia de cepas de <i>Leuconostoc</i> .	36
8.1.2. Evaluación de la aplicación de un tratamiento térmico sobre la viabilidad de <i>Leuconostoc</i>	38
8.2. Determinación de las características de textura de salchichas expuestas a los tratamientos térmicos	43
8.2.1. Análisis de Perfil de Textura	43
8.2.2. Determinación de las propiedades mecánicas absolutas de las salchichas tratadas térmicamente.	49
8.2.2. Observación de la microestructura de las salchichas expuestas a diferentes tratamientos térmicos.	54
8.3 Evaluación de las características sensoriales de salchichas tratadas térmicamente	58
8.3.1. Evaluación de las características sensoriales de salchichas tratadas térmicamente por un panel entrenado.	58
8.3.2. Evaluación de las características sensoriales de salchichas tratadas térmicamente por un grupo de consumidores.	61
8.3.2.2. Evaluación sensorial de los atributos de textura de salchichas tratadas térmicamente por 120 consumidores	66
8.4. Efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad de salchichas almacenadas a 7°C	73
8.4. Determinación de pH	77
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
1. Producción Nacional de embutidos.	4
2. Valores D <sup>a</sup> de veinte cepas de <i>Leuconostoc</i> suspendidas en SPE y calentadas a 57°C.	37
3. Análisis de perfil de textura de salchichas tratadas térmicamente.	45
4. Propiedades mecánicas de las salchichas tratadas térmicamente	51
5. Parámetros de textura de las salchichas de pavo	60
6. Media de las calificaciones obtenidas para los atributos de textura evaluados por el panel entrenado	60
7. Escala hedónica de 7 puntos utilizada para evaluar el nivel de agrado general de las salchichas tratadas térmicamente	62
8. Escala JAR de 7 puntos utilizada para evaluar los atributos de textura de las salchichas tratadas térmicamente	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1. Esquema general de la producción de salchicha.	6
2. Evaluación de la microflora de diferentes muestras de productos cárnicos envasados al vacío	9
3. Estrategia experimental.	27
4. Esquema que representa el acomodo de la salchicha inoculada en los paquetes de 6 salchichas (3 x 2).	30
5. Experimento 60°C-70°C: Efecto de la temperatura y el tiempo sobre <i>L. mesenteroides</i> y <i>L. lactis</i> .	38
6. Experimento 60°C-70°C: Interacción del tiempo y temperatura sobre la reducción de <i>L. mesenteroides</i> y <i>L. lactis</i> .	39
7. Experimento 70°C-80°C: Efecto de la temperatura y el tiempo sobre <i>L. mesenteroides</i> y <i>L. lactis</i> .	40
8. Experimento 70°C-80°C: interacción del tiempo y temperatura sobre la reducción de <i>L. mesenteroides</i> y <i>L. lactis</i> .	41
9. Reducción BAL en salchichas expuestas a los diferentes tratamientos térmicos.	42
10. Curva típica de análisis de perfil de textura obtenida por medio de un texturómetro.	44
11. Módulo de Young y fuerza de fractura a partir de curvas fuerza-tiempo.	50
12. Fuerza de fractura y punto a la deformación de salchichas tratadas a 60°C-80°C por 30-50 min	53
13. Micrografías de salchichas expuestas al tratamiento térmico (60-80°C/30-50 min) y de salchichas sin tratar (control). Resolución 90x, 250x y 500x.	55
14. Distribución de las frecuencias de las calificaciones del agrado general de las salchichas tratadas térmicamente mediante una escala hedónica de 7 puntos (n=120).	62
15. Esquema de un ejemplo que representa la falta de homogeneidad o inconsistencia en las respuestas dadas por los consumidores a muestras y controles	63
16. Distribución de las frecuencias de las calificaciones del agrado general de las salchichas tratadas térmicamente evaluadas por 65 consumidores, mediante una escala hedónica de 7 puntos (n=65)	65

17. Distribución de las frecuencias de las calificaciones de los atributos de textura de salchichas tratadas térmicamente y sin tratar evaluadas por 120 consumidores, mediante una escala JAR de 7 puntos.	69
18. Porcentajes de frecuencia de las calificaciones en los niveles de la escala JAR de los atributos de textura que evaluaron los consumidores para muestras (M) y controles (C), (n=120)	71
19. Porcentaje de consumidores que prefirieron la muestra (salchichas tratadas térmicamente) o el control (salchichas no tratadas), (n=120)	73
20. Comportamiento de BMA en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente a los 48 días de almacenamiento a 7°C.	74
21. Comportamiento de BAL en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente a los 48 días de almacenamiento a 7°C.	75
22. Comportamiento de <i>Leuconostoc</i> en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente a los 48 días de almacenamiento a 7°C.	76
23. Cambios en el pH en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente en función de BAL presentes a lo largo del almacenamiento a 7°C.	78

## I. INTRODUCCIÓN

Las salchichas son productos cárnicos de gran demanda entre la población mexicana. Tienen interés desde dos perspectivas: el riesgo a la salud asociado a su consumo cuando han sido expuestos a contaminación por microorganismos patógenos y en términos económicos cuando su deterioro ocurre dentro del periodo de caducidad en el mercado. El tratamiento térmico que reciben durante su fabricación inactiva las formas vegetativas de los microorganismos presentes en las materias primas, pero en etapas posteriores se pueden presentar oportunidades de su reingreso al producto a través del equipo mal saneado o debido a inadecuadas prácticas de operación.

Una forma común de deterioro en la salchicha consiste en la generación de material lechoso y gasificación, generalmente ocasionado por bacterias ácido lácticas, en particular a *Leuconostoc*. La información disponible señala que la prevención debe ser enfocada a evitar la recontaminación en el producto posterior a la cocción y mantener rigurosamente la cadena de frío en la comercialización. Sin embargo, la contaminación post-cocción resulta difícil de detectar y controlar. Tratamientos térmicos después del empacado de productos cárnicos han sido aplicados con éxito para inactivar microorganismos patógenos como *Listeria monocytogenes*. Sin embargo, los microorganismos deterioradores pueden sobrevivir a tratamientos térmicos dirigidos a inactivar patógenos, como es el caso de la pasteurización. En este contexto adquiere una especial importancia el uso combinado de barreras contra la actividad microbiana que aseguren la frescura y la inocuidad de los alimentos, sin afectar las propiedades organolépticas.

Es bien conocido que cuando se un tratamiento térmico en los alimentos, se pueden producir reacciones de oxidación, o se ve afectada la actividad de algunas enzimas sobre las proteínas, las grasas o carbohidratos, producción de componentes aromáticos diversos. Todo esto en conjunto se verá reflejado en los atributos sensoriales de la salchicha, después de la aplicación del tratamiento térmico. Es evidente la necesidad de evaluar las características reológicas que son mayormente influenciadas por este tipo de tratamientos.

En este trabajo se pretende diseñar un tratamiento térmico post-empaque que permita alargar la vida de anaquel de salchichas tipo Viena manteniendo sus características reológicas y sensoriales.

## **II. ANTECEDENTES**

### **2.1. Productos cárnicos en México. Panorama general**

La carne constituye actualmente un componente importante, aunque debido a condiciones económicas, no indispensable en las dietas consumidas en nuestras sociedades occidentales. Los productos cárnicos en nuestro país gozan de gran aceptación por parte del consumidor, y dado que, existe una tendencia donde la incorporación de la mujer en la actividad económica ha disminuido el tiempo que se invierte en la elaboración de alimentos para la familia. Estos son mucho menores lo que provoca tener al alcance productos de fácil preparación. En este sentido, las carnes frías o embutidos representan nuevas alternativas que han encajado perfectamente con estas tendencias actuales (Revista Carnepress 2009).

La industria cárnica se ha esforzado por mejorar su propia imagen para ofrecer al consumidor productos de rápida preparación a precios accesibles, pero sobre todo que su consumo no provoque enfermedades transmitidas por algún microorganismo (Food Production Daily 2000).

La búsqueda de la calidad en los productos cárnicos es el objetivo prioritario y debe dirigirse en función del destino que se les vaya a dar. No se pueden buscar las mismas características de calidad en una carne que va a ser consumida después de cocinarse que en otra cuyo destino es elaborar embutidos.

En México, los productos cárnicos embutidos tienen una gran importancia y existe una mayor aceptación de productos prácticos, que combinan con todo, son nutritivos, gustan a toda la familia y son de fácil preparación (INEGI 2008).

Los productos cárnicos son aquellos productos alimenticios preparados total o parcialmente con carnes, despojos o grasas y subproductos comestibles procedentes de los animales de abasto y otras especies y, en su caso, ingredientes de origen vegetal o animal, así como condimentos, especias y aditivos autorizados (NOM-213-SSA1-2002).

Dentro de los productos cárnicos más sobresalientes se puede citar a las salchichas, chorizo, jamón curado, jamón cocido, salchichón, mortadela, chistorra.

La industria alimenticia en nuestro país ha crecido enormemente, como respuesta a la demanda social de alimentos, por lo que la producción de embutidos en México incrementó sustancialmente en los últimos años, donde la salchicha lleva el primer lugar en producción (Cuadro 1), probablemente su alto consumo se deba a que suelen ser baratas, sabrosas y muy fáciles de cocinar.

**Cuadro 1.** Producción Nacional de embutidos.

AÑO	2005	2006	2007	2008
■ SALCHICHA	271,325	288,230	299,672	301,893*
■ JAMONES	229,648	246,480	249,279	247,620*
■ CHORIZO/LONGANIZA	18,895	20,354	19,460	18,873*
■ TOCINOS	8,374	8,186	8,114	7,600*
■ MORTADELA	11,664	12,090	12,434	15,086*
■ PAVO	668	1,139	1,301	1,245*
■ CHULETA	3,428	3,382	2,616	3,050*
■ OTROS, NO GENERICOS	31,438	33,303	31,309	33,089*
<b>TOTAL</b>	<b>575,440*</b>	<b>613,164*</b>	<b>624,185*</b>	<b>628,456*</b>

\*Datos estimados con información del INEGI.

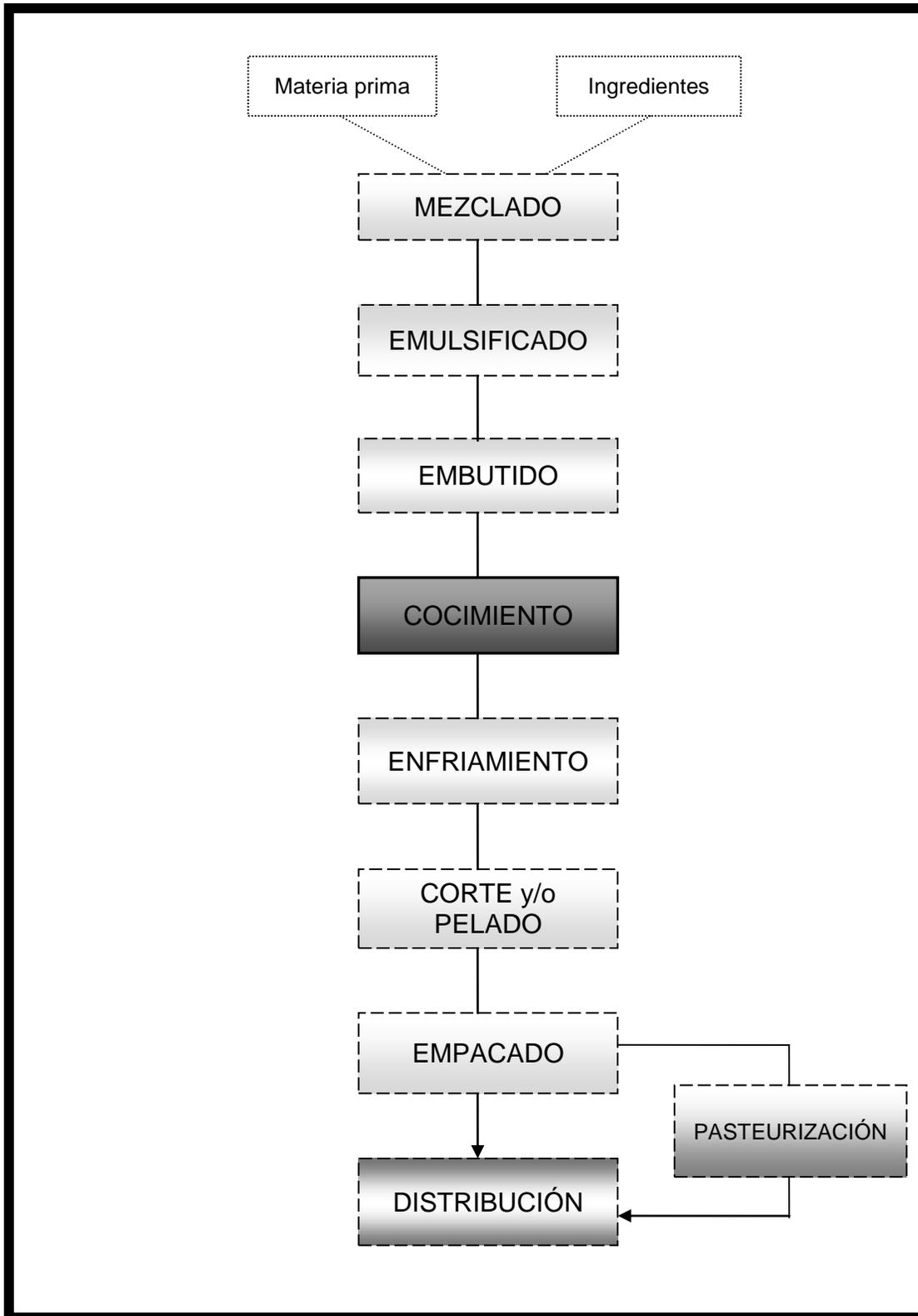
## 2.2. Las salchichas

La palabra salchicha proviene del latín 'salsus', que significa sal. Desde tiempos de los romanos la formulación de las salchichas incluía sal y especias en la receta, pues ya se conocía el papel de la sal en la unión de los diversos trozos de carne.

En la actualidad la Norma Mexicana para la salchicha define a este producto de la siguiente manera: 'es el producto alimenticio de pasta semifirme de color característico, elaborado con mezcla de carne (60% mínimo) de ternera o res o cerdo y grasas de las especias y aditivos alimentarios'.

Por salchichas Viena se entiende al producto alimenticio que cumpla en general con la definición de salchicha y sea elaborada con no menos del 60% de carne de res y cerdo; mezclado con grasas de cerdo y emulsificado, sometido a curación (ahumado o no), cocción y enfriamiento, empacado en material adecuado para su distribución y conservación en refrigeración.

La elaboración de las salchichas puede dividirse de manera general en 2 partes (Figura 1): la primera consta de la trituración mecánica y mezcla de los ingredientes y la segunda incluye el tratamiento térmico de la emulsión. Durante la primera etapa, los tejidos muscular y adiposo quedan reducidos a micropartículas con liberación de las proteínas microfibrilares, lo que permite la fijación de agua y un mayor hinchamiento. La grasa se dispersa en el seno de una fase acuosa heterogénea y alrededor se forma una película estabilizada por absorción de moléculas proteicas. Durante el tratamiento térmico, las proteínas se desnaturalizan y se agregan para formar un gel. El resultado es una red tridimensional que estabiliza física y químicamente tanto la grasa como el agua (Blanno, 2005).



**Figura 1.** Esquema general de la producción de salchicha.

Estos productos tienen una alta demanda entre la población mexicana; tan sólo en diciembre de 2007 el Laboratorio Nacional de Protección al consumidor de PROFECO, reportó 80 marcas de salchichas.

A pesar del incremento en el consumo y la producción de salchicha en México, la normatividad oficial para estos productos es limitada o nula y no ha presentado ninguna actualización. Las normas de observación vigentes en nuestro país están enfocadas a especificaciones sanitarias y métodos de prueba para productos cárnicos procesados (NOM-213-SSA1-2002), límites de aditivos y sus métodos de verificación (NOM-002-SCFI-1993), y especificaciones generales de etiquetado para alimentos (NOM-051-SCFI-1994). La norma de observación voluntaria, de referencia, sobre especificaciones de calidad de la salchicha (NMX-F-065-1984), es muy antigua y no considera las innovaciones tecnológicas que la industria, por lo que los fabricantes no se acogen a ella. Es necesario y urgente que la Dirección General de Normas la actualice, para que se regule el mercado.

Actualmente, es la industria alimenticia, quien atiende mayormente por interés económico, las necesidades de mejorar la calidad y estabilidad de su producto. Eventualmente, algunas acciones encaminadas a procurar la calidad, también influyen positivamente, la inocuidad del producto (Fernández-Escartin, 2009). Dado que, si bien, los productos cárnicos cocidos (salchicha, jamón, mortadela, entre otros) reciben un eficiente tratamiento térmico de cocción (sobre los 80°C), y que además, se les adiciona humo líquido, al cual se le reconocen componentes naturales como fenoles y ácidos orgánicos con poder bactericida y bacteriostático, las salchichas no son alimentos estériles. Por lo tanto, es labor inherente a su producción, elaborarlos con una carga microbiana mínima hasta su empaque, limitando su desarrollo en comercialización, mediante refrigeración.

Un producto correctamente procesado, tiene una vida de anaquel de hasta 90 días, pero esta se reduce notablemente a tres o cuatro semanas, bajo condiciones adversas, acompañándose con formación de líquido lechoso y gasificación.

Las salchichas presentan especial interés desde dos perspectivas: en términos de los riesgos a la salud asociados a su consumo cuando ha sido expuesta a contaminación por microorganismos patógenos, y en términos económicos cuando ocurre un deterioro prematuro en el mercado. El deterioro es un acontecimiento que implica pérdidas económicas a las empresas, es por eso que este debe ser uno de los problemas a atender por la ciencia de los alimentos.

En general el deterioro es una característica subjetiva, adjunta a las preferencias del consumidor, la cual puede ser influenciada por la agudeza sensorial del individuo y la intensidad de los cambios. El deterioro no siempre es evidente y los consumidores consideran que la intensa coloración, malos olores y el desarrollo de mucosidad son criterios cualitativos para el rechazo de los cárnicos (Nychas y col., 2008).

### **2.3. Deterioro en productos cárnicos**

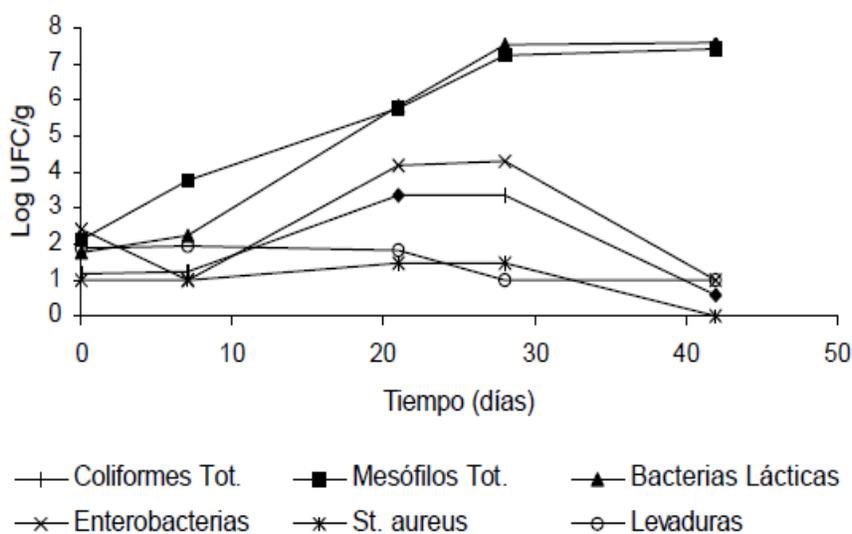
Los factores que afectan el desarrollo microbiano en un alimento se pueden clasificar en intrínsecos y extrínsecos (Buchanan, 1986). Los intrínsecos son predominantemente químicos e incluyen la concentración y disponibilidad de nutrientes, pH, potencial redox, capacidad buffer y actividad acuosa. Los parámetros extrínsecos de los alimentos son aquellas peculiaridades del ambiente donde se almacenan, que influyen tanto en los alimentos como en los microorganismos que aquéllos contienen. Los que tienen una importancia máxima para el desarrollo de los microorganismos presentes en los alimentos son: la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa del ambiente y la presencia y concentración de gases en el ambiente (Fernández-Escartín, 2009).

Si bien el envasado en sí mismo no constituye ningún método de conservación influye considerablemente sobre la clase e intensidad de las proliferaciones bacterianas debido a la modificación del micromedio (Pérez Chabela y col., 2006). La exclusión de oxígeno, mediante el envasado al vacío, crea un ambiente microaerobio que se estabiliza porque el oxígeno residual se consume por la acción microbiana y con ello se produce un aumento en la concentración de dióxido de carbono y en los productos cárnicos la baja tensión de oxígeno, favorece el desarrollo de la flora generadora de ácido láctico, en

particular de lactobacilos, *Pediococcus* y *Leuconostoc*. Sin embargo, pueden persistir enterobacterias, pese a la intensa flora de acompañamiento, muchos representantes psicrótofos de esta familia crecen en productos curados, incluso en ambientes refrigerados (Nychas y col., 2008). Las cantidades relativas de oxígeno y dióxido de carbono existentes en los paquetes de productos cárnicos envasados al vacío son reguladas, en gran parte, por el grado de permeabilidad de los envases plásticos que es el que impide el intercambio gaseoso con la atmósfera exterior.

En los productos cárnicos se ha demostrado que conforme aumenta la permeabilidad al oxígeno de la película del envase, aumenta el crecimiento de especies Gram negativas, elevación del pH y olores desagradables; mientras que si se utilizan envolturas impermeables resulta favorecido el crecimiento de las bacterias lácticas (Pérez-Chabela y col., 2006).

Un estudio reveló que las distintas poblaciones microbianas asociadas a productos cárnicos en distintas condiciones de envasado varían conforme aumentan los días de almacenamiento (Figura 2).



**Figura 2.** Evaluación de la microflora de diferentes muestras de productos cárnicos envasados al vacío

El grupo dominante en este caso fue el de las bacterias lácticas (BAL) que aumentaron progresivamente desde el inicio del almacenamiento, hasta alcanzar valores de  $4.07 \times 10^7$ . Las Enterobacterias mostraron un aumento durante los 28 días ( $1.9 \times 10^4$ ), descendiendo luego hasta 10 UFC/g, hecho que coincidió con el marcado descenso de pH. El envasado al vacío en una película de baja permeabilidad al oxígeno permite la selección de microorganismos microaerófilos del tipo de las bacterias lácticas, que por su metabolismo actúan descendiendo el pH e inhibiendo el crecimiento de las bacterias gram negativas (Nychas y col., 2008).

### **2.3.1 Deterioro en salchicha y su impacto económico**

Las bacterias deterioradoras de mayor relevancia en las carnes empacadas al vacío han sido identificadas como BAL (Franz y Von-Holy 1996a). Las BAL pueden producir cambios sensoriales y físicos en productos cocinados envasados al vacío (Korkeala y col., 1998). Los cambios físicos, exudado e hinchamiento del envase, se producen durante el almacenamiento del producto. Sin embargo, los cambios sensoriales aparecen mucho más tarde cuando las bacterias alcanzan una fase de crecimiento estacionaria (Korkeala y col., 1990).

La forma más común de deterioro consiste en la generación de material lechoso y gasificación, generalmente debido a *Leuconostoc*, (Björkroth y col., 2000), una bacteria ácido láctica. La presencia del microorganismo en el producto no significa que éste se encuentre deteriorado, el hecho de que se desencadene este acontecimiento está influenciado por las prácticas de comercialización a las que sea expuesto (Borch y col., 1996).

Un estudio previo en una planta procesadora de salchicha Viena detectó posibles fuentes de contaminación de *Leuconostoc*, (Cepeda-Márquez y col., 2008). Evidenció tres aspectos de interés:

- 1) el tratamiento térmico de cocción, disminuye la carga microbiana de la emulsión cárnica cruda, sin embargo no elimina la totalidad la flora, ya que se detectaron sobrevivientes de *Leuconostoc* a este proceso.

2) La detección de *Leuconostoc* mediante PCR, demostró que está distribuido dentro de la planta a lo largo de todo el proceso de elaboración de la salchicha.

3) La incidencia de *Leuconostoc* en el equipo fue de 28% (n=144), lo que sugiere una importante participación en el proceso de ingreso del deteriorador al producto.

Además Cepeda-Márquez y col. (2008), encontraron que una mezcla de cepas de *L. mesenteroides* inoculadas en salchicha empacada al vacío, mostraba capacidad de producir una intensa gasificación tras su almacenamiento a 7 y 22°C, apareciendo estos signos desde los días 20 y 7 de almacenamiento, respectivamente.

Las pérdidas económicas en la industria productora de salchicha, causadas por brotes de deterioro debido a microorganismos, ascienden a poco menos de un cuarto de millón de pesos, por cuatrimestre (Carnepress, 2008). Esto tiene implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes (deterioro de materias primas y productos elaborados antes de su comercialización, pérdida de la imagen de marca, etc.) como para distribuidores y consumidores (deterioro de productos después de su adquisición y antes de su consumo).

La prevención del deterioro requiere de acciones encaminadas a inactivar, reducir o eliminar los microorganismos deterioradores y evitar su contaminación posterior al tratamiento térmico de cocción (FAO, 1996). No dejando de lado, que las buenas prácticas de manufactura y sanitarias en la elaboración de la salchicha, son básicas e indispensables. Además, junto con la implementación de barreras viables, capaces de controlar eficientemente el deterioro prematuro, son acciones en conjunto que evidentemente garantizan al mercado, productos de buena calidad, y de aceptable estabilidad comercial.

#### **2. 4. Métodos de control de los microorganismos**

La carne, *por sí sola*, es un excelente medio de cultivo para diversos microorganismos debido a la elevada cantidad de nutrientes que posee, un pH cercano a la neutralidad (6 – 6.5) y una actividad de agua igual o superior a 0.98

(Fernández-Escartín, 2009). Bajo estas condiciones incluso microorganismos patógenos pueden crecer.

Es por ello que, desde el momento del sacrificio hasta la llegada del producto al consumidor final, deben mantenerse una serie de condiciones que impidan el crecimiento de microorganismos patógenos y retrasen al máximo el crecimiento de deterioradores que pueden alterar las características organolépticas del producto, haciéndolo inaceptable para su consumo. A continuación se muestra en la siguiente tabla algunos métodos tanto físicos como químicos utilizados para la conservación de productos cárnicos, teniendo en cuenta que dicha conservación se lleva a cabo por una combinación de esos métodos.

Sin embargo, es muy importante partir de una carga inicial de microorganismos pequeña, lo cual redundará en un producto final con una capacidad de conservación más elevada.

Durante el proceso de elaboración de algunos productos cárnicos listos para su consumo existen procedimientos como el corte y pelado que introducen la posibilidad de una contaminación cruzada, entre el equipo, personal y el alimento. Para eliminar o reducir patógenos como *Listeria monocytogenes* y tener un producto seguro, este tipo de productos cárnicos pueden ser sometidos a un tratamiento térmico (pasteurización) después de ser empacados (Murphy, 2004).

Como es bien sabido, el tratamiento térmico elimina las células vegetativas de los microorganismos patógenos, así como a una parte significativa del resto de microorganismos. Se debe considerar el hecho de que si después del tratamiento térmico el producto es expuesto a contaminación, el desarrollo de microorganismos puede ser muy rápido debido a que no habrá flora competitiva. Si el producto es pasteurizado en su envase final, no se dará esta circunstancia de recontaminación (Pexara y col., 2002).

#### **2.4.1. Tratamiento térmico post-empaque**

Un tratamiento térmico post-empaque es un proceso que consiste en someter a los paquetes de salchichas a un tratamiento térmico, para elevar la temperatura de los mismos hasta valores mayores a 60°C en el centro del producto, seguido de una disminución brusca de la temperatura hasta menos de 4°C. Con esto se provoca la destrucción de las formas vegetativas de los microorganismos patógenos y de una cierta proporción de los no patógenos que hayan quedado adheridos en la superficie de las salchichas, luego del proceso de cocción, durante el pelado y previo envasado al vacío (Herrero y Romero, 2006).

Como antecedente de esta alternativa de conservación, existe información que en el año 2000, en Argentina se detectó la presencia de *Listeria monocytogenes* en salchichas de ciertas marcas. Paladini, una empresa de embutidos, a pesar de tener sus procesos bajo control mediante el estricto cumplimiento de las BPM y el sistema HACCP, aplicó un tratamiento térmico a las salchichas ya empacadas, para asegurar la destrucción de esta bacteria (Publicaciones Técnicas, Énfasis Alimentación Latinoamérica, 2000).

Entre las ventajas de la aplicación de este proceso tenemos que, permite asegurar que las salchichas están listas para consumir sin necesidad de llevar a hervor, garantizando la ausencia de aquellos microorganismos que pueden ocasionar enfermedades en los consumidores. Además este proceso, aumenta la vida útil del producto a más de tres meses. Sin embargo, el tratamiento de post-procesado térmico no deben ser visto como un método para corregir las prácticas insalubres, y las buenas prácticas de fabricación deberán mantenerse a lo largo del procesamiento.

Existe literatura relacionada con este proceso, pero especialmente para la eliminación de patógenos como *Listeria monocytogenes*, como lo han revelado trabajos anteriores (Muriana y col, 2000). Inocularon a esta bacteria en productos cárnicos listos para consumir (jamón, roast beef y pavo) y los sometieron a diferentes combinaciones de tiempo y temperatura para observar cuál era la que

disminuía mejor la concentración de esta bacteria. Además, como los valores D y z varían para cada microorganismo y para cada condición, determinaron estos parámetros con una mezcla de cepas de *Listeria* para comparar la reducción alcanzada en los productos cárnicos; y sabiendo que los microorganismos presentes en los alimentos, suelen tener valores D más altos que cuando se cultivan en condiciones de laboratorio, concluyeron que es determinante la superficie del alimento y su composición para la reducción en las concentraciones de *Listeria* (Murphy y col., 2005).

#### **2.4.2. Factores relevantes sobre la eficiencia del tratamiento térmico**

La eficiencia del tratamiento térmico post-empaque se verá determinado por:

La microflora: la termorresistencia de los microorganismos depende, entre otros factores, de las condiciones de crecimiento.

El producto: el pH, la actividad de agua, la presencia de sustancias antimicrobianas y el tipo de producto son factores muy importantes que influyen sobre la resistencia térmica y la sobrevivencia de los microorganismos (Pérez-Chabela y col., 2006).

Basándose en las numerosas revisiones de los distintos factores que afectan a la termorresistencia microbiana, éstos pueden clasificarse en tres tipos generales (Madigan y col., 2004):

- Factores asociados al microorganismo.
- Factores ambientales que ejercen su influencia durante el crecimiento y la formación de las células previo a la evaluación que la termoresistencia y que pueden modificar la respuesta del microorganismo basal al calor, como edad, temperatura y medio de cultivo.
- Factores ambientales que actúan durante el tratamiento térmico de las células: la naturaleza fisicoquímica del medio en el que se realiza el calentamiento o tratamiento térmico. La bibliografía relativa hace alusión a diversos factores como pH, actividad de agua, medio de suspensión, tipo de alimento, a la presencia de sales, carbohidratos y de otros compuestos orgánicos o inorgánicos.

Por otra parte, es bien sabido que la temperatura tiene una gran influencia en las propiedades físicas de los alimentos, y en concreto, en las propiedades reológicas (Van Hekken y col., 2008). Los parámetros reológicos son de especial importancia en las líneas de procesado, condicionando la circulación por diversos equipos y, deben tenerse en cuenta al aplicar tratamientos térmicos de conservación. Además estos parámetros reológicos contribuyen a la percepción sensorial por parte del consumidor. Por lo que es necesario conocer hasta qué punto la modificación, en este caso el tratamiento térmico post- empaque que se pretende aplicar, influye en la aceptabilidad del producto.

## **2.5. Características de textura y sensoriales en productos cárnicos**

### **2.5.1. Propiedades de textura**

Las interacciones entre los ingredientes de un sistema alimenticio, casi siempre se reflejan en propiedades físicas como: resistencia al untado, estabilidad frente a la separación de fases, comportamiento al fluir o agitarse, cubierta y adhesión a superficies, respuesta al masticado y deglución y resistencia a la aplicación de fuerzas como las aplicadas al comprimir. Estas características físicas son conocidas como propiedades de textura (Molinar, 1995). Éstas características físicas surgen de los elementos estructurales de los alimentos, percibidas por medio del tacto, se relacionan a la deformación-desintegración y flujo del alimento bajo una fuerza aplicada y son medidas objetivamente en función de la masa, el tiempo y la distancia. (Bourne, 1982). Debido a que la textura consiste de un número diferente de sensaciones físicas es preferible hablar de propiedades de textura, lo cual sugiere un grupo de propiedades relacionadas, más que la palabra “textura”, la cual sugiere un solo parámetro (Molinar, 1995).

La textura, junto con el sabor y el aspecto, definen la calidad de un alimento, siendo ésta un aspecto importante en un producto ya que condiciona su aceptabilidad (Ibáñez y col., 1998).

### **2.5.1.1. Generalidades sobre pruebas de textura**

Los alimentos exhiben una amplia variedad de texturas y propiedades reológicas, por lo que se emplean diversos métodos para estimar estas propiedades. Es necesario clasificarlos en grupos para establecer un sistema de medición adecuado. Los métodos de medición de textura han sido divididos en tres clases (Szczesniak y col., 1963):

1. Métodos fundamentales: En estos métodos se estiman las propiedades que son útiles para cálculos de ingeniería, por ejemplo; elasticidad, relación de Poisson y varios módulos tales como Young, rigidez y compresión.

2. Métodos empíricos. En estos métodos se estiman las variables generalmente no muy bien definidas, pero que están bien relacionadas con algunos de los atributos mecánicos, tales como: punción, rigidez y extrusión. En el pasado, la mayoría de los atributos de textura de alimentos fueron estimados por este tipo de métodos.

3. Métodos imitativos. En estos métodos, se intenta imitar con instrumentos mecánicos las condiciones de masticación del alimento en la boca. El principal de estos métodos es el conocido como análisis de perfil de textura, TPA (por sus siglas en inglés).

### **2.5.1.2. Análisis de Perfil de Textura en embutidos**

Los embutidos consisten en una emulsión de carne en la que las gotas de grasa se encuentran dispersas en una matriz acuosa que contiene proteínas solubles y los demás componentes del músculo y tejido conjuntivo que además está condimentada con hierbas aromáticas y diferentes especias. En este sistema de diferentes componentes químicos, cada uno afecta de forma independiente o en combinación con otros constituyentes la calidad final del producto. Por lo tanto, es de suponer que existen algunas relaciones entre los elementos químicos, como agua, proteínas, grasas, conservadores, sal y los atributos físicos de estos productos cárnicos, es decir, la textura, dureza, elasticidad, la cohesión, gomosidad, masticabilidad y color (Herranza y col., 2005). El estudio del comportamiento reológico de los embutidos tiene como objetivo evaluar la calidad y aceptación del producto, evaluando su respuesta a diferentes condiciones, como

por ejemplo su comportamiento tensión-deformación cuando se someten a una determinada tensión (Daros y col., 2005). La textura en estos productos se puede estimar por métodos químicos, medidas de fuerza y compresión, métodos sensoriales y microscópicos (Taylor y Goll, 1995). Los métodos de corte o compresión se basan en la aplicación de fuerza a las fibras paralelas para medir el grado de estiramiento o elongación antes de la ruptura. Cuando se mide compresión en carne se pueden obtener algunos parámetros como amplitud y altura de la curva. Los resultados de estos análisis puede ser comparados con los análisis sensoriales subjetivos (Lawless, 1994). Una de las pruebas más utilizadas para evaluar los atributos de textura en productos cárnicos es el análisis de perfil de textura, propuesto por primera vez por un grupo de la compañía General Foods Corporation. Esta es una prueba imitativa ya que simula las condiciones a las cuales se somete el material en la práctica y consiste en la compresión de un pedazo de alimento dos veces, en un movimiento recíproco que imita la acción de la boca de una persona obteniéndose los siete parámetros texturales a partir de una curva de fuerza-tiempo, cinco son medidos directamente y dos son calculados indirectamente. Los parámetros texturales son los siguientes: fracturabilidad, elasticidad, cohesividad, masticabilidad, adhesividad, gomosidad y dureza. Cada uno de los parámetros identificados en la curva da una excelente correlación con las características sensoriales. El instrumento diseñado especialmente para este propósito es el texturómetro (Bourne, 1982; Costell y col., 1992), y constan de tres partes esenciales: a) la celda de carga, en la que se coloca el alimento y con la que se aplica la fuerza, b) el sistema motriz que produce el desplazamiento de la celda de carga y c) el sistema que mide y registra la respuesta mecánica de la muestra.

La técnica del APT ha servido para comprobar que la textura es una propiedad multipunto más que una característica de punto sencillo (Rodríguez-Sandoval y col., 2005). Además se puede separar y seguir los cambios en cada uno de los diferentes parámetros texturales como resultado de algún cambio en la formulación de este tipo de productos cárnicos.

La información textural y reológica es importante en el diseño de procesos de transformación en alimentos (mezclado, flujo de materiales, calentamiento, enfriamiento), en la determinación de la funcionalidad de los ingredientes para el desarrollo de productos, en el control de calidad de productos intermedios y finales, en pruebas de tiempo de vida útil y en evaluaciones de propiedades texturales correlacionadas con pruebas sensoriales, entre otros.

### **2.5.2. Utilidad del análisis sensorial en alimentos**

Cuando se desarrollan nuevas tecnologías y nuevos productos, la evaluación sensorial de los alimentos cobra una importancia fundamental, así como en otras disciplinas del control de calidad. No obstante hay que tener en cuenta que la calidad sensorial no es una característica intrínseca del mismo, sino el resultado de la interacción entre el alimento y el consumidor (Costell y Durán, 1981).

La evaluación sensorial es una herramienta científica que involucra la utilización de los sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y oído) para medir o para percibir ciertas características del producto (percepciones de olores, colores y sabores), las cuales se asocian a que el alimento sea aceptado, rechazado o preferido por los consumidores. Por lo tanto se puede afirmar que la evaluación sensorial constituye una herramienta poderosa para proporcionar resultados científicos precisos y reproducibles y que permitan establecer la calidad del producto desde la perspectiva de sus mismos atributos (Witting-Penna, 2005). Las características sensoriales asociadas a un alimento tienen que ver con sus componentes específicos y pueden servir para varios propósitos, entre los que destacan:

1. Desarrollo y diseño de productos nuevos.
2. Mejoramiento continuo y reformulaciones de productos ya existentes.
3. Caracterización hedónica de productos realizando estudios de consumidores y obteniendo el grado de aceptación de los mismos.
4. Respaldo de análisis químicos y microbiológicos de productos rechazados.
5. Complemento de estudios de vida útil de alimentos.

6. Evaluación de impacto de nuevos ingredientes incorporados en alimentos.
7. Caracterización de cambios sensoriales, debidos a cambios en el proceso.
8. Establecer relaciones entre datos instrumentales y datos sensoriales.
9. Extracción de información de grupos poblacionales (consumidores).
10. Evaluación de diferencias existentes entre unidades de un mismo lote, entre otros.

Es necesario también que las medidas obtenidas con métodos instrumentales puedan correlacionarse con respuestas de jueces de análisis sensorial para que el uso de la técnica instrumental sea válido y confiable.

#### **2.5.2.1. Pruebas sensoriales**

El análisis sensorial de los alimentos puede realizarse a través de diferentes pruebas, según la finalidad para la que estén diseñados (Muñoz y col. 1998). A grandes rasgos, pueden definirse dos grupos:

- Pruebas objetivas que se subdividen en discriminativas y descriptivas
- Pruebas no objetivas también denominadas hedónicas.

En las pruebas hedónicas el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no. Son pruebas difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone. Los estudios de naturaleza hedónica son esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor. Pueden aplicarse pruebas hedónicas para conocer las primeras impresiones de un alimento nuevo o profundizar más y obtener información sobre su grado de aceptación o en qué momento puede producir sensación de cansancio en el consumidor.

Las pruebas discriminativas tienen como objeto detectar la presencia o ausencia de diferencias de atributos sensoriales entre dos o más productos.

La utilidad de las pruebas descriptivas es muy diversa, desde la determinación de diferencias sensoriales entre un producto y sus competidores en el mercado, hasta la caracterización de aromas, un tema de gran interés para las

empresas de alimentación, dada la disparidad de criterios entre el productor y el cliente con relación a su estabilidad (Moskowitz, 1993).

Y finalmente, las propiedades sensoriales determinarán la elección y, más aún, la fidelidad de un consumidor hacia un producto o marca (Vermeiren y col., 2006).

### **2.5.2.2. Atributos y descriptores usados en productos cárnicos**

El conocimiento de los atributos sensoriales de los productos cárnicos requiere de la aplicación de la metodología de análisis descriptivo, que provea una descripción cuantitativa completa de los productos evaluados, a través de jueces o panelistas entrenados para dar respuestas objetivas (Anzaldúa, 1994). El principal problema que se encuentra en el análisis sensorial consiste en la dificultad en la repetibilidad y homogeneidad. La selección de las escalas de medición tiene como finalidad indicar semánticas jerárquicas traducidas en un lenguaje lingüístico coherente para un producto específico (Muñoz, 1998). Cada panel sensorial debe identificar el producto al cual desea desarrollar su análisis, identificando los atributos principales y las palabras precisas que describen la sensación. El procedimiento para establecer los descriptores de los atributos sensoriales inicia desde la selección del panel de catación; a medida que éste se conoce cada jurado presenta los descriptores que puedan definir cada sensación o atributo del producto. A su vez se busca mediante el uso de simuladores de la sensación, discriminar o reducir los descriptores que los jueces plantearon inicialmente y mediante el uso de herramientas estadísticas se definen los descriptores que los jurados evidencian ser los más relevantes (Byrne, 2001).

Entre los factores que contribuyen a determinar la preferencia por parte de los panelistas en productos cárnicos están: el color de la carne, el pH, las condiciones y el periodo de almacenamiento del producto, los ingredientes usados en las formulaciones (por ejemplo de embutidos), la severidad de los tratamientos térmicos aplicados, etc. (Carduza y col., 2000). La palatabilidad y el esfuerzo al morder se constituyen como los factores de diferenciación en los diferentes tipos de productos cárnicos, siendo sus descriptores “dura” y “blanda”. El esfuerzo al morder permite adicionalmente la diferenciación de la carne con respecto a su

especie. La ternura, firmeza, dureza, cohesividad, jugosidad y masticabilidad se constituyen en atributos de la palatabilidad siendo sus descriptores los niveles de resistencia en escala de intensidad (Albarracín y col., 2000).

### III. JUSTIFICACIÓN

En México uno de los productos cárnicos con mayor producción y demanda es la salchicha. Uno de los problemas de las empresas productoras de salchichas es el deterioro prematuro de su producto por causas microbianas, hecho que se tiene que atender y hace evidente la necesidad de recurrir a procesos alternativos que mantengan la calidad microbiológica de las salchichas durante su vida de anaquel, sin que este tipo de procesos influya de manera negativa en las características organolépticas de la salchicha.

En la salchicha la forma más común de deterioro microbiano consiste en la generación de material lechoso y gasificación, generalmente debido a la actividad de bacterias ácido lácticas, en particular del género *Leuconostoc*. En estudios previos en nuestro laboratorio, se determinó el perfil microbiológico de las instalaciones de una planta procesadora de salchichas y se detectó la presencia frecuente de *Leuconostoc* spp. en los equipos a lo largo de toda la línea de producción. Encontrando también al microorganismo deteriorador en el producto en proceso y terminado, tanto fresco como deteriorado. Para la prevención del problema se sugieren acciones encaminadas a controlar al microorganismo durante el proceso (buenas prácticas de operación y de higienización) y la comercialización (cadena de frío). Sin embargo, todas estas acciones en conjunto son difíciles de controlar. Una alternativa para disminuir el riesgo de deterioro es la aplicación de un tratamiento terminal posterior al empaque, cuando el alimento ya no estará expuesto a contaminación.

Por lo que este trabajo evidenció el efecto de un tratamiento térmico post-empaque, sobre las bacterias lácticas presentes en las salchichas y sobre cepas de *Leuconostoc* aisladas de la planta procesadora con capacidad deterioradora. Si bien existe información a cerca del efecto que ejerce el tratamiento térmico post-empaque en alimentos listos para su consumo sobre algunos microorganismos patógenos, la escasa información sobre microorganismos causantes de deterioro en este tipo de productos cárnicos hace imprescindible generar información.

Paralelo a esto, se evaluó qué características de textura y sensoriales se vieron modificadas por la aplicación del tratamiento térmico, así como la estabilidad del producto a temperatura de refrigeración.

## IV. HIPÓTESIS

La aplicación del tratamiento térmico post-empaque no modifica las características de textura y sensoriales de la salchicha e incrementa su estabilidad durante el almacenamiento.

## V. OBJETIVOS

### 5. 1. Objetivo general

Investigar el efecto de un tratamiento térmico post-empaque sobre la viabilidad de *Leuconostoc* spp., la estabilidad comercial y las características de textura y sensoriales de salchichas empacadas al vacío.

### 5.2. Objetivos particulares

- 1.- Evaluar el efecto de tiempo y temperatura de un tratamiento térmico sobre la viabilidad de BAL naturalmente presentes en la salchicha y cepas de *Leuconostoc* aisladas de la planta procesadora de salchichas.
- 2.- Determinar las características de textura de salchichas expuestas a los tratamientos térmicos.
- 3.- Investigar el efecto del tratamiento térmico sobre las características sensoriales de salchichas expuestas al tratamiento térmico.
- 4.- Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad de salchichas almacenadas a 7°C.

## VI. METODOLOGÍA

### 6. 1. Materiales

#### 5.1.1 Equipos e instrumentos

- Agitador mecánico Vortex<sup>®</sup>, Velp Scientifica<sup>®</sup>, ns/113123
- Autoclave eléctrica de mesa, Market-Forge<sup>®</sup>, Mod. 199-85
- Balanza analítica, sensibilidad 0.0001g Sartorius<sup>®</sup> y BL120S
- Balanza granataria, sensibilidad 0.1g OHAUS<sup>®</sup>, modelo CT200-S
- Baño maría con termostato, Arfrank<sup>®</sup>, Mod. 91
- Bolsas de polietileno en rollo sin marca comercial 25 x 35 cm
- Campana de flujo laminar, Alder<sup>®</sup>, Veco<sup>®</sup>.
- Cuenta colonias, Quebec<sup>®</sup> Reicher-Jung<sup>®</sup>
- Homogenizador Stomacher<sup>®</sup> Laboratory Blender<sup>®</sup>, Mod. 400 (BA 7021)
- Horno para esterilización, Shel-lab<sup>®</sup>
- Incubadora refrigeradas, Precision Scientific<sup>®</sup>
- Micropipetas 1-1000 µl, Labsystems<sup>®</sup>, Brand<sup>®</sup>, Genex Beta<sup>®</sup>, Rainin<sup>®</sup>, Gilson<sup>®</sup>
- Microscopio óptico Axiostar plus<sup>®</sup>, Mod. 1169-149
- Microscopio Electrónico de Barrido Leica Stereoscan S420i<sup>®</sup>
- Olla de presión Presto Steele<sup>®</sup>, Mod. 21 Lts y 12 Lts
- Potenciómetro, Jenway<sup>®</sup>, 3510 pH Meter<sup>®</sup>
- Refrigerador OSEDA<sup>®</sup> Refrigeración
- Refrigerador REVCO<sup>®</sup>, Thermo Scientific<sup>®</sup>
- Ultracentrífuga Heraeus<sup>®</sup>, Biofugue *pico*<sup>®</sup>, Kendro<sup>®</sup>
- Paquetes de salchicha proporcionados por la empacadora
- Texturómetro TA-HD Stable mycro systems
- Material de uso común en el laboratorio de microbiología

#### 6.1.2. Medios de cultivo

- Agar MRS
- Agar ACE
- Caldo MRS
- Caldo Soya Trypticaseína (CST)

- Diluyente de peptona 0.1% (DP), Bacto<sup>®</sup>

#### 6.1.3. Reactivos

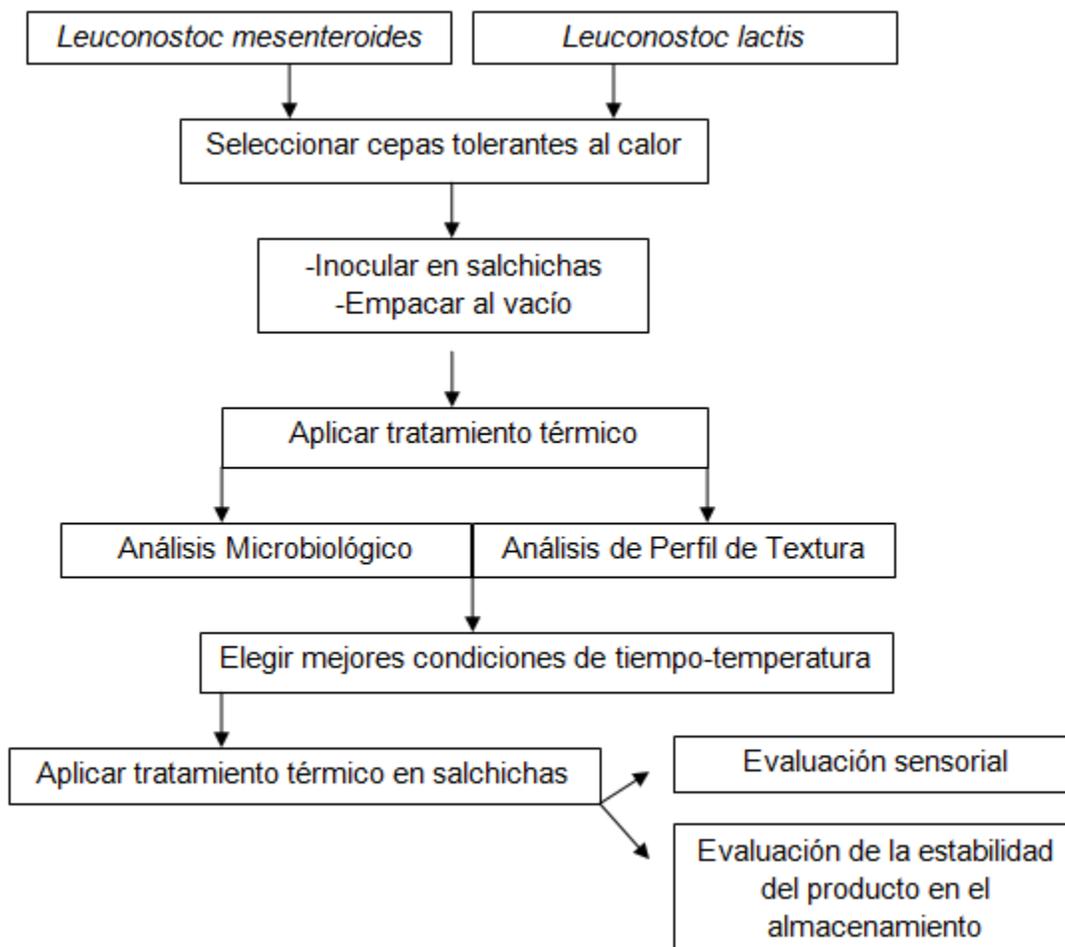
- Ácido clorhídrico 5 y 20%
- Alcohol-cetona 1:1,
- Cristal violeta, Sigma<sup>®</sup>
- Lugol
- Peróxido de hidrógeno, Zuum<sup>®</sup>
- Safranina, Sigma<sup>®</sup>
- Rifampicina (100 ppm)

#### 6.1.4. Material biológico

- Cepas de *L. mesenteroides* y *L. lactis* aisladas de diferentes puntos de la planta procesadora de salchicha.

## 6.2. MÉTODOS

A continuación se presenta la estrategia experimental general que se siguió para este estudio (Figura 3).



**Figura 3.** Estrategia experimental.

### 6.2.1. Procedimientos generales

#### 6.2.1.1. Obtención de las cepas de *Leuconostoc* spp. resistentes a Rifampicina

Cada cepa se activó en caldo MRS, durante 24h a 30°C y se transfirió 40µL a caldo MRS con rifampicina (100ppm) y se incubó nuevamente por 24h a 30°C, finalmente, se sembraron mediante hisopo en cajas de agar MRS con rifampicina

(100ppm). Las colonias que desarrollaron se aislaron y conservaron en caldo soya tripticaseína adicionado con 15% de glicerol en refrigeración.

#### **6.2.1.2. Activación y lavado de cepas**

Las cepas de *Leuconostoc* fueron activadas transfiriendo 40µl de un cultivo conservado en congelación a un tubo con caldo MRS, e incubando a 30°C/24h. Tres transferencias sucesivas se realizaron cada 24h, y a las 18h de la última incubación se cosecharon las células mediante centrifugación (4500 rpm por 15 min a 22°C). Los paquetes celulares se lavaron dos veces en solución salina fisiológica (SSF, 0.85% de NaCl). El recuento de la suspensión celular se realizó en agar MRS, mediante la técnica de extensión por superficie, tras una incubación de 48h a 30°C.

#### **6.2.1.3. Análisis microbiológico**

Para el recuento de bacterias:

Se tomó la salchicha inoculada y se añadió 50 ml de diluyente de peptona y durante 1 minuto se homogenizó en stomacher. Se prepararon las diluciones correspondientes y se realizó el recuento de los siguientes grupos indicadores:

##### **6.2.1.3.1. Recuento de bacterias mesófilas aerobias (BMA)**

BMA por la técnica de vaciado en placa con agar cuenta estándar (ACE). Incubar a 22°C durante 48 ± 2 horas.

##### **6.2.1.3.2. Recuento de bacterias lácticas (BAL)**

Se hizo el recuento una vez hechas las diluciones correspondientes por la técnica de extensión en superficie en agar MRS a partir de alícuotas de 100µl. Se incubó a 30°C durante 48 ± 2 horas en condiciones de microaerofilia.

Las colonias que se presentaron como presuntivas ácido lácticas se confirmaron por la prueba de la catalasa y por tinción al gram.

##### **6.2.1.3.3. Recuento de *Leuconostoc* spp.**

Se realizaron diluciones correspondientes y se efectuó el recuento de *Leuconostoc* por la técnica de extensión en superficie en agar MRS con

Rifampicina (100ppm) tomando alícuotas de 100µl. Se incubó a 30°C durante 48 ± 2 horas en condiciones de microaerofilia.

### **6.2.2. Evaluación del efecto de tiempo y temperatura del tratamiento térmico sobre la viabilidad de BAL naturalmente presentes en la salchicha y cepas de *Leuconostoc* aisladas de la planta procesadora de salchichas.**

Para lograr este objetivo primero se seleccionarán las cepas de *Leuconostoc* que más resisten al calor para que posteriormente éstas se inoculen en el producto.

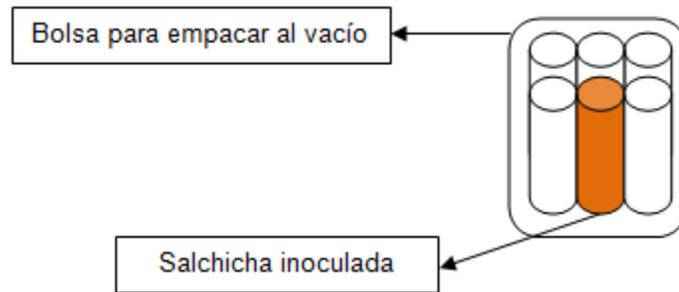
#### **6.2.2.1. Determinación de la termotolerancia de cepas de *Leuconostoc***

La tolerancia al calor para cada cepa se determinó por lo descrito por Victoria-León y col. (2006). Una vez activadas y lavadas las cepas de *L. mesenteroides* y *lactis*, se resuspendieron en 1 ml de salmuera pasteurizada estéril (SPE). Los tubos capilares se llenaron con 55 µl de esta mezcla y se colocaron en baño María a 57°C por 12 min. Periódicamente se tomaron tres capilares, se colocaron en hielo y se cuantificaron los sobrevivientes. Adicionalmente, se colocaron 2 tubos capilares con SPE para medir la temperatura interna por medio de termopares a lo largo del tiempo. Para el recuento de sobrevivientes se rompió el capilar de vidrio y se hicieron las diluciones correspondientes en DP. Se empleó agar MRS y la técnica de extensión por superficie. Las placas se incubaron a 30 ± 2°C durante 24 horas. A partir de las curvas de muerte térmica se determinó el valor D.

#### **6.2.2.2. Evaluación de la aplicación de un tratamiento térmico sobre la viabilidad de *Leuconostoc***

Para este estudio se emplearon las cepas de *Leuconostoc* con mayor tolerancia al calor; las cuales se activaron en caldo MRS con Rifampicina y se lavaron para hacer una mezcla. Se hicieron dos mezclas: una con cepas de *L. mesenteroides* y la otra con cepas de *L. lactis*.

Salchichas frescas (almacenamiento menor a 2 días) se retiraron del empaque comercial asépticamente. Se formaron paquetes de 6 salchichas (3 x 2) y se inoculó 0.1 ml/salchicha de la suspensión a una concentración de  $10^8$  UFC de *Leuconostoc* (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema que representa el acomodo de la salchicha inoculada en los paquetes de 6 salchichas (3 x 2).

Como control se utilizaron paquetes con salchichas inoculadas pero sin aplicación del tratamiento. Los paquetes de salchichas se expusieron a diferentes tratamientos térmicos según un diseño estadístico de composición central: 60°C/30 y 50 min, 65°C/40 min, 70°C/30 y 50min, 75°C/40 min y 80°C/30 y 50 min en un termobañó de precisión. Los tratamientos se realizaron por triplicado. Inmediatamente después del tratamiento térmico los productos se sumergieron completamente en agua helada (30 min) y se refrigeraron hasta su análisis. El recuento de sobrevivientes se realizó en agar MRS con Rifampicina (100 ppm) como se describió en la sección de procedimientos generales.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) sobre los datos expresados como reducción de Log UFC/salchicha.

### **6.2.3. Determinación de las características de textura de salchichas expuestas a los tratamientos térmicos**

Se realizó el análisis de textura a las salchichas que fueron sometidas a los diferentes tratamientos térmicos. Se emplearon como controles salchichas del mismo lote de fabricación que se mantuvieron a 4°C y no recibieron tratamiento térmico.

### **6.2.3.1. Preparación de las muestras para análisis de pruebas de compresión**

Se realizaron cortes de salchicha de 2.0 cm de altura con un diámetro de 2.3 cm. Se colocaron centradas respecto a la base del texturómetro, y se empleó una punta cilíndrica de base plana. Tanto la base de la punta como la base del sensor se cubrieron con arcilla fina (malla 100) para evitar el deslizamiento de la salchicha (Chen y col., 2001; Medina y col., 2003). Se utilizó un texturómetro (modelo TA-XT2) con una celda de carga de 10 N, y un punzón cilíndrico de punta plana (diámetro 2.5 cm). La velocidad de descenso empleada fue de 1 mm/min y un porcentaje de compresión del 70% con respecto al tamaño inicial de la muestra. Todos los ensayos se hicieron por cuadruplicado.

### **6.2.3.2. Análisis de perfil de textura (APT)**

Se comprimió una porción del alimento dos veces en movimientos recíprocos que imitan la acción de la quijada de una persona (Bourne, 1983). Se obtuvieron 7 parámetros texturales de una curva de fuerza-tiempo, cinco son medidos directamente y dos son calculados indirectamente. Los parámetros texturales son los siguientes:

1. Fracturabilidad: la fuerza al primer rompimiento significativo en la curva (N).
2. Dureza (H): la máxima fuerza durante el primer ciclo de compresión (N).
3. Adhesividad (A): el área bajo la curva de fuerza de cualquier pico negativo después del primer ciclo de compresión (J).
4. Cohesividad (C): la razón del área bajo la curva de fuerza positiva de la segunda compresión con respecto a la primera compresión (adimensional).
5. Elasticidad (S): la altura que recupera el espécimen durante el tiempo entre el final del primer golpe y el comienzo del segundo (m).
6. Gomosidad (G): el producto de la dureza y la cohesividad (N).
7. Masticabilidad (Ch): el producto de la elasticidad y la gomosidad (J).

Una vez obtenidas las curvas de compresión uniaxial se calculó el módulo de Young en la zona lineal, deformación a la fractura que son mediciones absolutas y no imitativas como las de APT. Donde la firmeza de la salchicha será

caracterizada a través del módulo de Young (estimado en la parte lineal de la curva de compresión < 8%).

### **6.2.3.3. Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)**

Se determinó la microestructura de la salchicha expuesta al tratamiento térmico a los diferentes tiempos y temperaturas por medio de Microscopia Electrónica de Barrido. La preparación de muestras para la observación de MEB se siguió de acuerdo a lo reportado por Medina-Torres y col. (2006). Se utilizaron pequeñas muestras de salchichas, las cuales fueron montadas en plantillas de aluminio usando cinta conductora de electricidad de doble cara, después fueron recubiertas con una capa de oro de 10 mbar durante 90 segundos. Las muestras fueron examinadas y fotografiadas con un microscopio electrónico de barrido Leica Stereoscan S420i.

### **6.2.4. Evaluación del efecto del tratamiento térmico sobre las características sensoriales de salchichas**

Después de analizar los resultados del efecto del tratamiento térmico sobre la viabilidad de *Leuconostoc* y las características mecánicas de las salchichas, se seleccionó el mejor tratamiento con las condiciones de tiempo y temperatura. Un nuevo lote de salchichas, sin inocular, se expuso al tratamiento térmico seleccionado y se realizaron evaluaciones sensoriales con un panel entrenado y con consumidores.

#### **6.2.4.1. Prueba de perfil de textura sensorial en jueces entrenados**

Las evaluaciones sensoriales de textura proporcionan información de cómo las personas perciben y reaccionan a la textura cuando prueban estos productos. Para obtener una medida sensorial segura y objetiva, se requiere de un panel entrenado para estas evaluaciones.

Sin el entrenamiento adecuado las personas utilizan sus propios marcos de referencia en la evaluación, éstas referencias subjetivas difieren debido a las diferentes experiencias sensoriales, los antecedentes culturales, factores del entorno y su historia personal en general. A través de la capacitación, es posible desarrollar un marco común de referencia que se utilizará durante las

evaluaciones y éste panel será capaz de proporcionar similares respuestas cualitativas y cuantitativas (Muñoz, 1998).

El método utiliza una lista de términos descriptivos (Ver Apéndice I) de la textura desarrollada por un panel en el perfil de textura del producto.

Por lo que el perfil de textura sensorial se llevó a cabo con un panel de 13 jueces entrenados por la planta procesadora de embutidos, a los cuales se les pidió que hicieran una evaluación por medio de una escala estructurada de 10 puntos para los siguientes atributos: elasticidad, dureza, pastosidad y uniformidad de la mordida. Utilizaron como control muestras sin la aplicación del tratamiento térmico. Tanto las muestras como los controles se les presentaron codificadas y en orden aleatorio.

#### **6.2.4.2. Pruebas sensoriales en consumidores**

La prueba de agrado general se llevó a cabo con un panel de 120 jueces no entrenados y elegidos al azar (Hough y col., 2006), entre los que se encontraban estudiantes y personal administrativo de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se empleó como control salchicha del mismo lote, pero que no recibió el tratamiento térmico. Cortes de salchichas de aproximadamente 2 cm de largo fueron distribuidas a los consumidores para su evaluación en vasos anchos y con un palillo, además también se les proporcionó agua natural para que tomaran al terminar de probar cada corte de salchicha. Se les presentaron codificadas con 3 dígitos y en orden aleatorio cuatro muestras (dos tratadas térmicamente a 70°C/50 min y dos controles, es decir salchichas sin tratar), a las cuales se les pidió que evaluaran lo siguiente:

a) aceptación general del producto usando una escala hedónica de 7 puntos, donde (1= “me gusta muchísimo”, 7= “me disgusta muchísimo”).

b) aceptación de atributos específicos de la salchicha por medio de una escala de 7 puntos denominada “justo lo correcto” (Johnson y Vickers, 1987), donde el punto 4 significa justo lo que me gusta. Los atributos evaluados fueron: dureza a la primera mordida, dureza durante la masticación, sequedad del alimento, chicloso o pastoso y sabor.

Para el análisis de preferencia se realizó una prueba de Ji Cuadrada con un nivel de significancia de ( $P < 0.05$ ).

#### **6.2.5. Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad de salchichas almacenadas a 7°C**

Paquetes de salchichas expuestos a 70°C por 50 min, se almacenaron por 48 días a temperaturas de refrigeración (7°C). Se hizo el recuento de BMA y BAL a los 0, 8, 16, 24, 32, 40 y 48 días. También se observó el comportamiento de *Leuconostoc* bajo estas condiciones de almacenamiento, para lo cual se inocularon salchichas con una suspensión de mezcla de cepas de *Leuconostoc* resistentes a Rifampicina (100 ppm) a una concentración de  $10^7$  UFC/salchicha. Se empacaron al vacío y se les aplicó el tratamiento térmico elegido. A los 0, 8, 16, 24, 32, 40 y 48 días. Se hizo el recuento de este microorganismo en agar MRS con Rifampicina (100ppm)

Otro grupo de salchichas se inoculó con una suspensión de mezcla de cepas de *Leuconostoc* a una concentración de  $10^4$  UFC/salchicha ya que a estos niveles se ha encontrado el microorganismo causando deterioro del producto. (Cepeda-Márquez y col., 2008), por lo que a estos paquetes no se les aplicó el tratamiento térmico. El recuento de *Leuconostoc* se hizo también a los 0, 8, 16, 24, 32, 40 y 48 días de almacenamiento a 7°C, además se hizo una revisión visual para detectar signos de deterioro.

##### **6.2.5.1. Medición de pH**

Se midió el pH de las salchichas tratadas térmicamente y almacenadas por 48 días a 7°C, para lo cual se tomaron 10 gr de la muestra con 90 ml de agua destilada recién hervida y enfriada, se utilizó un potenciómetro (Jenway®, 3510 pH Meter).

## VII. ANALISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño experimental  $2^2$  con dos puntos al centro, tomando en cuenta dos factores: tiempo y temperatura. Se obtuvieron de los resultados las medias  $\pm$  la desviación estándar con las cuales se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para obtener diferencias estadísticamente significativas. Se realizó una comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , además de utilizar la prueba de Dunnett para comparar contra un control, Para todo lo anterior se utilizaron los paquetes estadísticos JMP versión 5.0 y Statistical Software Minitab 15.1.0.0.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1. Evaluación del efecto de tiempo y temperatura del tratamiento térmico sobre la viabilidad de BAL naturalmente presentes en la salchicha y cepas de *Leuconostoc* aisladas de la planta procesadora de salchichas.

Para la evaluación de este efecto, primero se seleccionaron las cepas de *Leuconostoc* que mostraron mayor termotolerancia.

#### 8.1.1. Determinación de la termotolerancia de cepas de *Leuconostoc*.

El tratamiento térmico al que son sometidas las salchichas es suficiente para inactivar células vegetativas, mientras que esporas de *Bacillus* y *Clostridium* pueden sobrevivir (Franz y Von-Holy, 1996a). Además del tratamiento térmico, estos productos son generalmente empacados al vacío y almacenados en refrigeración. La flora bacteriana presente es gradualmente seleccionada por las condiciones ambientales, resultando generalmente las BAL el grupo dominante durante el almacenamiento y deterioro (Pérez-Chabela y col., 2008). Las BAL psicrótrofas deberían ser inactivadas a temperaturas superiores a 55°C (Franz y Von-Holy, 1996b). Sin embargo, se han reportado algunas cepas de BAL termotolerantes aisladas de productos cárnicos cocidos (Victoria-León y col., 2006; Björkroth y Korkeala, 1996).

Usualmente, las curvas de sobrevivencia se linearizan mediante logaritmos y se obtiene la tendencia por regresión lineal. Los valores D de las cepas de *L. mesenteroides* fueron obtenidos a partir del recuento de sobrevivientes contra tiempo de calentamiento y se muestran en el Cuadro 2. Donde las cepas de *L. mesenteroides* C29, C43 y C32, y las cepas C100, C25 y C20 de *L. lactis* presentan el mayor valor  $D_{57}$ , el cual fue  $>$  a 12 minutos.

**Cuadro 2.** Valores D<sup>a</sup> de veinte cepas de *Leuconostoc* suspendidas en SPE y calentadas a 57°C.

<b>Cepa de <i>Leuconostoc mesenteroides</i></b>	<b>Valor D a 57°C</b>
C29	>12 minutos
C43	>12 minutos
C32	>12 minutos
C81	2.70
C91	2.61
C51	2.55
C22	2.09
C6	1.51
C31	0.83
C98	0.82
<b>Cepa de <i>Leuconostoc lactis</i></b>	<b>Valor D a 57°C</b>
C100	>12 minutos
C25	>12 minutos
C20	>12 minutos
C85	2.25
C23	1.66
C101	1.61
C92	1.49
C99	0.90
C104	0.83
C87	0.80

a: Valor D obtenido por regresión lineal en tratamientos de termoresistencia con 3 réplicas.

La heterogeneidad en la termotolerancia de las cepas a diferentes temperaturas es un hallazgo poco frecuente (Franz y Von-Holy, 1996b), y puede estar dado por la variabilidad inherente al experimento o a diferencias marcadas en las capacidades de las cepas. En la medida que la temperatura se va incrementando, la incertidumbre de las determinaciones también crece, por lo que entre más puntos haya en una gráfica la incertidumbre será menor y la tendencia será más confiable.

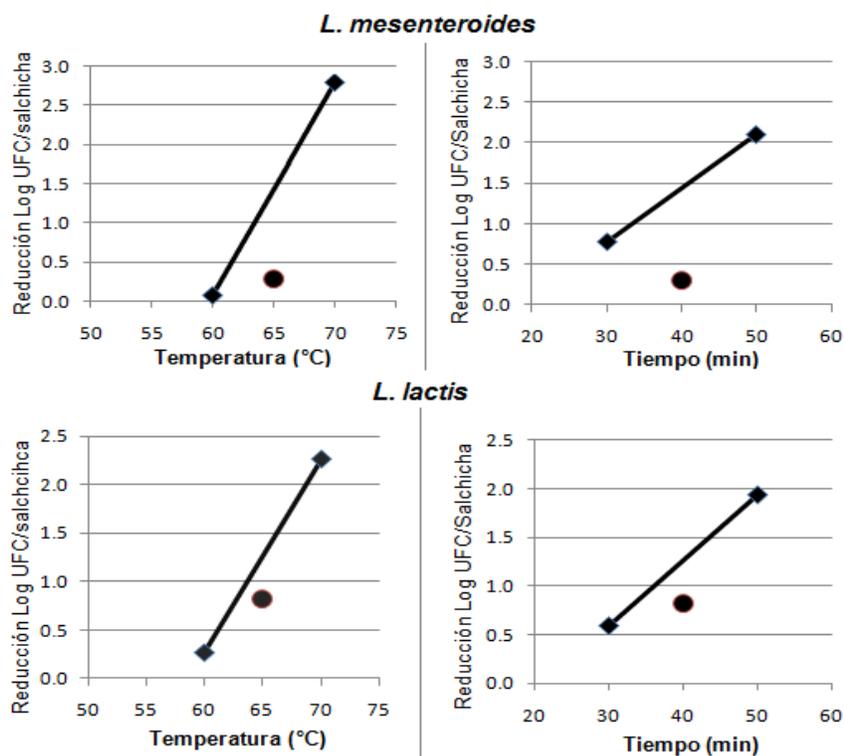
En un estudio de termosensibilidad de BAL deterioradoras de salchichas Viena empacadas al vacío *Lactobacillus sake* fue el microorganismo más termorresistente, seguido de *L. mesenteroides* y *Lactobacillus curvatus* a 57, 60 y

63°C; el valor  $D_{57}$  de *L. mesenteroides* fue de 34.9 seg. (Franz y Von-Holy, 1996b). La variabilidad genética de las cepas, aún siendo de la misma especie, va a determinar la capacidad de adaptación y respuesta ante condiciones de estrés.

### 8.1.2. Evaluación de la aplicación de un tratamiento térmico sobre la viabilidad de *Leuconostoc*

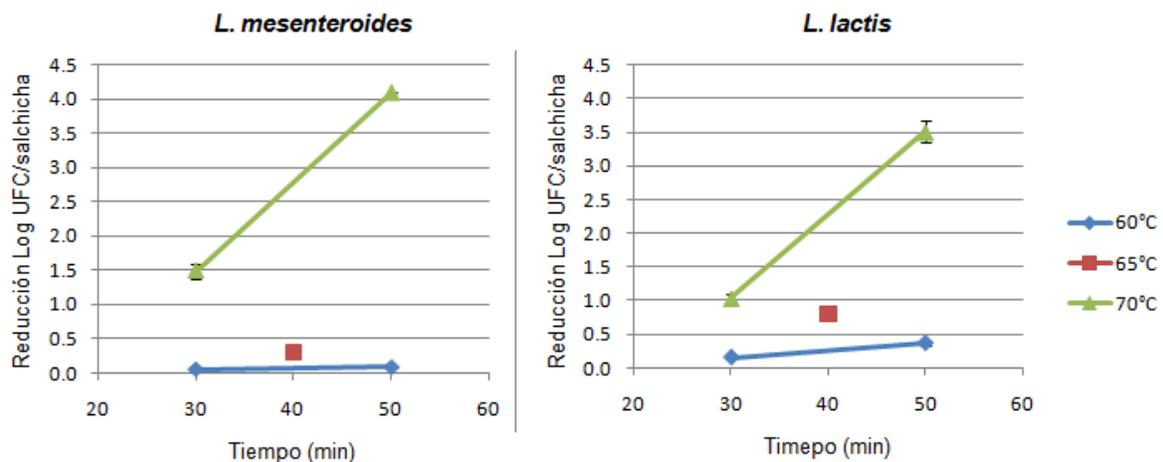
Se evaluó el efecto del tratamiento térmico (temperatura y tiempo aplicado) sobre la viabilidad de mezclas de cepas de *L. mesenteroides* y *L. lactis* inoculadas de forma independiente en salchichas. Los tratamientos térmicos se aplicaron en dos grupos de combinaciones usando un diseño  $2^2$  con dos puntos al centro. El primer grupo de tratamientos fueron: 60°C/30 y 50 min, 65°C/40 min, y 70°C/30 y 50 min (Figura 5).

Para ambas especies se observó que la temperatura tuvo mayor efecto que el tiempo sobre la reducción de la viabilidad (Figura 5).



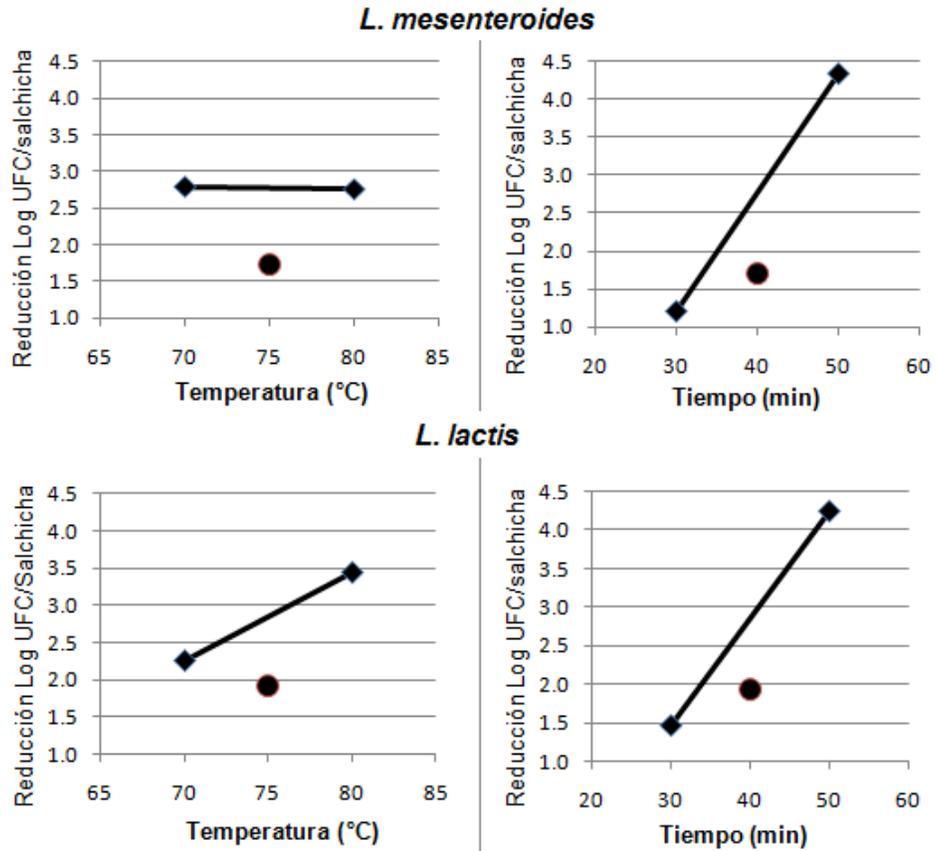
**Figura 5.** Experimento 60°C-70°C: Efecto de la temperatura y el tiempo sobre *L. mesenteroides* y *L. lactis*.

La mayor reducción para *L. mesenteroides* se presentó a los 70°C con 50 minutos alrededor de los 4 Log UFC/salchicha. De igual manera para la mezcla de cepas de *L. lactis* la mayor reducción 3.5 Log UFC/salchicha, fue a esta combinación de temperatura y tiempo (Figura 6). Es claro que para reducir la viabilidad de estas cepas es necesario aplicar al menos 70°C por 30 min. La inactivación de ambas especies fue similar, ligeramente mayor en la mezcla de *L. mesenteroides*.



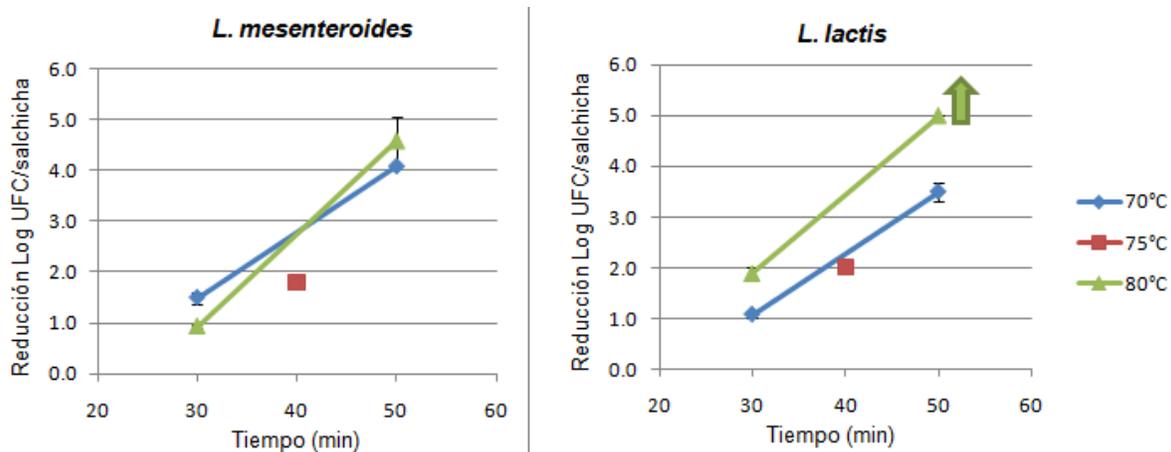
**Figura 6.** Experimento 60°C-70°C: Interacción del tiempo y temperatura sobre la reducción de *L. mesenteroides* y *L. lactis*.

El segundo grupo de tratamientos evaluados fue 70, 75 y 80°C aplicados por 30,40 y 50 min (Figura 7). A estos niveles de temperatura observamos que el mayor efecto sobre la reducción del grupo de cepas fue ejercido por el tiempo (Figura 7).



**Figura 7.** Experimento 70°C-80°C: Efecto de la temperatura y el tiempo sobre *L. mesenteroides* y *L. lactis*.

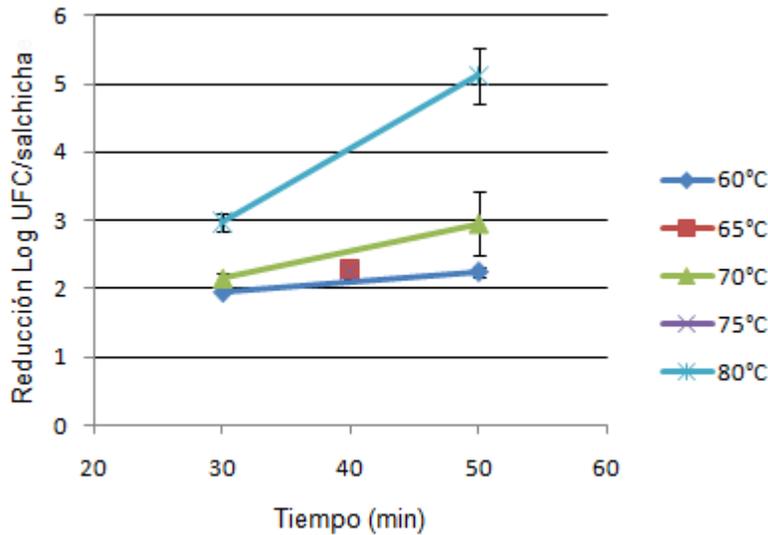
Para el caso de *L. mesenteroides* el incremento de la temperatura de 70 a 80°C no generó mayor reducción en la población (Figura 8). En contraste, *L. lactis* se reduce al rededor de 1 Log de UFC/salchicha más cuando se expone a 80°C, con respecto al tratamiento de 70°C.



**Figura 8.** Experimento 70°C-80°C: interacción del tiempo y temperatura sobre la reducción de *L. mesenteroides* y *L. lactis*.

En un estudio reportado por Von-Holy y col. (1992) se inocularon salchichas tipo Viena provenientes del Sur de África con una mezcla de cepas de *Leuconostoc spp.* y les aplicaron un tratamiento térmico alrededor de los 70°C por 20 minutos. Ellos reportan una reducción de 2 Log UFC/salchicha, lo cual es similar a la reducción que se obtuvo a 70°C por 30 minutos de la mezcla de cepas de *L. mesenteroides*.

Simultáneamente al recuento de *Leuconostoc*, se realizó la cuantificación de bacterias lácticas (Figura 9) en las salchichas empacadas al vacío. Se observó una reducción a 60°C de 2 y 2.4 Log UFC/salchicha a 30 y 50 min, respectivamente. Mientras que a 70°C se redujo 2 a 3 Log UFC/salchicha cuando se expuso por 30 y 50 minutos. La mayor reducción de este grupo de bacterias fue de 5 Log UFC/salchicha y se obtuvo con 50 minutos y 80°C de tratamiento. Franz y Von-Holy (1996a) observaron una reducción inicial de 3 Log UFC/salchicha para bacterias lácticas sometidas a un tratamiento post-empaque a 67°C en salchichas empacadas al vacío. El factor que más influencia tuvo para la reducción fue la temperatura, de la misma manera que sucedió con las cepas de *Leuconostoc*.



**Figura 9.** Reducción BAL en salchichas expuestas a los diferentes tratamientos térmicos.

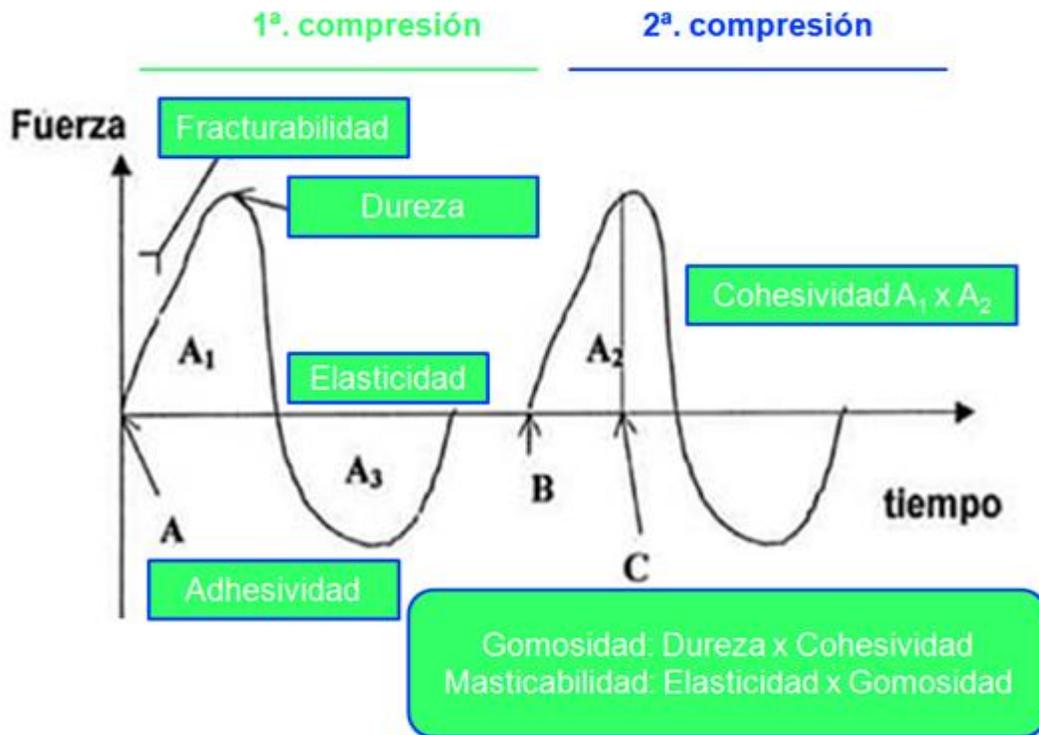
Controlar el deterioro por bacterias lácticas en productos cárnicos es difícil ya que estas bacterias son psicrótrofas, microaerófilas y con cierta resistencia al nitrito, sal y humo (Franz y Von-Holy, 1996b). Por lo que la aplicación de un tratamiento térmico post-empaque ha sido utilizada en los últimos años como una medida de control para prolongar la vida de anaquel de carnes procesadas y empacadas al vacío. Adicionalmente, este tratamiento ha sido una buena alternativa para cuidar la inocuidad de productos listos para su consumo y mostró ser efectivo para la reducción de microorganismos patógenos como *L. monocytogenes* (Murphy y col., 2006). Sin embargo la estabilidad microbiológica de productos cárnicos curados también depende de factores extrínsecos como el método de empaque y la temperatura de almacenamiento y de factores intrínsecos como la composición del producto.

El tratamiento aplicado a las salchichas aunque mostró ser efectivo para la reducción del microorganismo deteriorador pudo haber modificado las características texturales del producto. Es necesario evaluar que combinación de tiempo/temperatura afecta lo menos posible las características de textura del producto.

## **8.2. Determinación de las características de textura de salchichas expuestas a los tratamientos térmicos**

### **8.2.1. Análisis de Perfil de Textura**

La textura incluye un número de sensaciones físicas diferentes, siendo más conveniente utilizar el término “propiedades texturales” que “textura”. Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material, se perciben por el sentido del tacto, se relacionan con la deformación desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia (Bourne, 1978). La información reológica es importante en el diseño de procesos de transformación en alimentos, como por ejemplo, mezclado, enfriamiento, calentamiento, funcionalidad de los ingredientes, pruebas de tiempo de vida útil y en evaluaciones de propiedades texturales correlacionadas con pruebas sensoriales, entre otros (Steffe,1996). Por lo que en este estudio se evaluaron las características de textura de las salchichas expuestas a los tratamientos térmicos definidos (60-80°C/30-50 min), se realizó simultáneamente con la evaluación de la inactivación de *Leuconostoc*. A partir de la evolución de curvas fuerza-tiempo en pruebas de compresión uniaxial, en la Figura 10 se obtienen los parámetros texturales: elasticidad (E), cohesividad (C), gomosidad (G), masticabilidad (M), adhesividad (A) y dureza (D).



**Figura 10.** Curva típica de análisis de perfil de textura obtenida por medio de un texturómetro.

Los factores tiempo y temperatura mostraron una influencia significativa sobre los seis parámetros de textura. Se hizo un análisis para comparar las medias de los tratamientos por la prueba de Tukey y otro análisis para comparar los tratamientos con respecto al control mediante la prueba de Dunnett.

El resumen del perfil de textura de las salchichas tratadas térmicamente se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Análisis de perfil de textura de salchichas tratadas térmicamente.

Tratamiento	ELASTICIDAD <sup>1</sup>	COHESIVIDAD <sup>2</sup>	DUREZA <sup>3</sup>	ADHESIVIDAD <sup>4</sup>	MASTICABILIDAD <sup>4</sup>	GOMOSIDAD <sup>3</sup>
1: 60°C/30'	0.89 ± 0.011 <b>ab</b>	0.16 ± 0.010 <b>bc*</b>	48.75 ± 2.31 <b>c</b>	-0.35 ± 0.20 <b>a</b>	6.92 ± 0.67 <b>d</b>	7.76 ± 0.83 <b>b</b>
2: 60°C/50'	0.89 ± 0.017 <b>a</b>	0.16 ± 0.009 <b>bc</b>	52.73 ± 0.82 <b>b</b>	-0.37 ± 0.31 <b>a</b>	7.78 ± 0.41 <b>cd</b>	8.64 ± 0.45 <b>b</b>
3: 65°C/40'	0.89 ± 0.037 <b>ab</b>	0.17 ± 0.004 <b>ab</b>	52.42 ± 2.21 <b>bc</b>	-0.44 ± 0.25 <b>a</b>	8.21 ± 0.26 <b>abcd</b>	9.23 ± 0.17 <b>ab</b>
4: 70°C/30'	0.79 ± 0.053 <b>c*</b>	0.17 ± 0.005 <b>b</b>	52.53 ± 0.59 <b>b</b>	-0.46 ± 0.36 <b>a</b>	7.08 ± 0.29 <b>d</b>	9.00 ± 0.23 <b>ab</b>
5: 70°C/50'	0.88 ± 0.027 <b>ab</b>	0.17 ± 0.009 <b>b</b>	53.93 ± 0.69 <b>ab</b>	-0.51 ± 0.08 <b>a</b>	8.08 ± 0.51 <b>bcd</b>	9.13 ± 0.60 <b>ab</b>
6: 75°C/40'	0.90 ± 0.019 <b>a</b>	0.20 ± 0.013 <b>a</b>	50.75 ± 1.26 <b>bc</b>	-1.00 ± 0.19 <b>ab</b>	9.16 ± 0.67 <b>ab</b>	10.17 ± 0.64 <b>a</b>
7: 80°C/30'	0.83 ± 0.025 <b>bc</b>	0.20 ± 0.011 <b>a</b>	50.95 ± 1.27 <b>bc</b>	-1.49 ± 0.38 <b>bc*</b>	8.53 ± 0.11 <b>abc</b>	10.28 ± 0.23 <b>a</b>
8: 80°C/50'	0.91 ± 0.012 <b>a</b>	0.18 ± 0.010 <b>ab</b>	56.42 ± 2.65 <b>a</b>	-2.16 ± 0.68 <b>c*</b>	9.47 ± 0.76 <b>a</b>	10.34 ± 0.69 <b>a</b>
Control	0.77 ± 0.015 <b>c*</b>	0.14 ± 0.022 <b>c*</b>	44.11 ± 0.87 <b>d</b>	-1.99 ± 0.51 <b>c*</b>	4.64 ± 0.88 <b>e</b>	6.03 ± 1.06 <b>c</b>

Los valores se presentan como la media de cuatro mediciones de cada parámetro ± la DE.

Letras diferentes indican diferencia estadística significativa entre tratamientos mediante la prueba de Tukey.

\*Indica que no existe diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto al Control, analizados mediante la prueba de Dunnet.

<sup>1</sup> Expresado en milímetros.

<sup>2</sup> Adimensional.

<sup>3</sup> Expresado en Newtons.

<sup>4</sup> Expresado en Joules.

Las gráficas de cada parámetro del perfil de textura en función al tiempo y temperatura se muestran en el Apéndice I.

Los valores obtenidos del control para los parámetros de elasticidad, cohesividad, dureza, adhesividad y gomosidad en este experimento son semejantes con los reportados por Hleap y col. (2010) en salchichas bajas en grasa y sin aplicación del tratamiento térmico.

Así pues, la elasticidad es la altura que recupera el alimento durante el tiempo que recorre entre el primer y segundo ciclo de compresión (Rodríguez-Sandoval, 2005). Se observó que a medida que se incrementa la temperatura del tratamiento térmico, la elasticidad aumenta, hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde 70°C/30 min es el más parecido al control. La elasticidad ha sido medida (Barbut y col., 1990) en salchichas, mostrándose estable entre valores a 55 y 65°C sin embargo no reportan si el tiempo de exposición al tratamiento tuvo un efecto importante sobre éste parámetro.

La cohesividad representa la fuerza con la que están unidas las partículas del alimento, es el límite hasta el cual el alimento se deforma antes de romperse. Se observó que éste parámetro mostró una tendencia a disminuir conforme la temperatura de aplicación aumentaba, esta tendencia es parecida a lo reportado por Correia y Mitall (1991), donde observaron que en emulsiones de salchicha este parámetro decreció ligeramente cuando se incrementó la temperatura de 30 a 70°C, incluso cuando aumentaron más la temperatura alrededor de los 90°C los valores de la cohesividad se mantuvieron muy parecidos al de las otras temperaturas. El mayor valor de cohesividad se encontró a los 80°C para los tratamientos 6 y 7, y según la prueba de Dunnett el tratamiento más parecido al control fue el de 60°C/30 min.

La gomosidad es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser ingerido (Rosenthal, 1999), de tal manera que se ve el incremento de este parámetro conforme aumenta la temperatura y tiempo de exposición, similar a lo reportado por Correia y col. (1991)

en salchichas tratadas a temperaturas que iban de los 50 a los 70°C. Además hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para este parámetro, presentándose el valor más alto a los 80°C.

La gomosidad es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser ingerido (Rosenthal, 1999), de tal manera que se ve el incremento de este parámetro conforme aumenta la temperatura y tiempo de exposición, similar a lo reportado por Correia y col. (1991) en salchichas tratadas a temperaturas que iban de los 50 a los 70°C. Además hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para este parámetro, presentándose el valor más alto a los 80°C. La gomosidad tiene una relación estrecha con la tendencia que presenta el parámetro de masticabilidad, ésta representa el trabajo constante de aplicación que se ejerce sobre el alimento para reducirlo a una consistencia adecuada y lograr deglutirlo. Al haber un incremento en este parámetro se deberá de invertir mayor energía para masticar el producto. De manera congruente con el incremento en cohesividad y gomosidad, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, y el valor más alto fue a 80°C. Correia y col. (1991) también reportaron que para este parámetro existe un incremento significativo a partir de los 50°C y hasta los 80°C.

La adhesividad, representa el trabajo necesario para despegar el plato de compresión de la muestra o el trabajo necesario para despegar el alimento de una superficie (Rosenthal, 1999). Además es importante resaltar que los valores obtenidos son negativos, lo que indica que la textura de la salchicha es pegajosa o adhesiva, es decir, cuando el producto es consumido éste tiende a adherirse al paladar, lo que conlleva a realizar un trabajo para retirarlo. Esto puede deberse a una cantidad importante de carbohidratos presentes en el alimento. Como consecuencia del tratamiento térmico, el contenido de agua en el alimento decrece, provocado por la disminución de la capacidad de retención de agua de las proteínas, lo que provoca una disminución en la adhesividad, y por consiguiente un aumento en la dureza. Considerando la pérdida de agua, se

requiere humectar más la salchicha para poder ser desintegrada durante la masticación.

Finalmente, la dureza de las salchichas mostró un incremento conforme el tiempo y temperatura de exposición al tratamiento térmico es mayor. General Foods (Sttefe, 1999 y Medina, 2005) define a la dureza como la fuerza requerida para comprimir un alimento entre la lengua y el paladar. Existieron diferencias significativas entre la dureza de las salchichas tratadas con tendencia a aumentar conforme se incrementa la temperatura de exposición. Estos resultados coinciden con lo reportado por Comer y Dempster (1981) cuando aplicaron temperaturas que iban desde 55 a 75°C a diferentes tipos de embutidos.

En este estudio, el valor mayor de dureza se encontró a los 80°C con un valor de 56.42 N, el cual fue muy parecido al que se reporta para productos embutidos con contenido bajo en grasa y un tratamiento térmico de 80°C (Hleap y col. 2010). Estos autores argumentan que el endurecimiento que presentó el producto pudo haber sido por la pérdida de la capacidad de retención de humedad esto debido a que la variación en la carga neta de las proteínas altera las fuerzas de atracción y repulsión y por consiguiente la habilidad de éstas proteínas de asociarse con las moléculas de agua.

Los parámetros de textura: masticabilidad, gomosidad y dureza de las salchichas tratadas no mostraron semejanzas con respecto al control, sin embargo, sólo se puede conocer con el análisis sensorial si los cambios generados en la textura del producto son de magnitud tal que pueden ser detectados por los consumidores. Ya que como se mencionó anteriormente la evaluación sensorial puede correlacionarse con medidas obtenidas de métodos instrumentales.

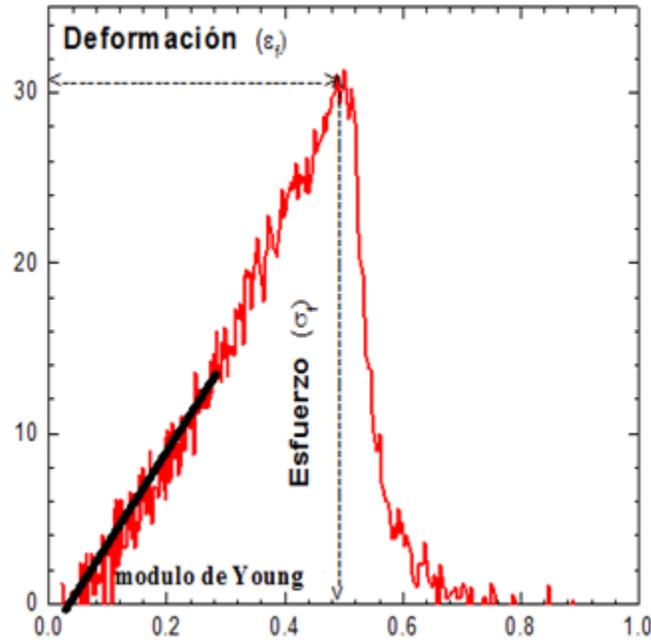
La aplicación de tratamientos térmicos se ha implementado teniendo como objetivo central inactivar a aquellos microorganismos que puedan causar alguna alteración o bien comprometer la inocuidad del producto, y en segundo lugar alargar la vida de anaquel del mismo. Sin embargo varios estudios han mostrado que la aplicación de un tratamiento térmico post-empaque ha contribuido a mantener una textura y aceptación sensorial adecuada. Huang y col. (2000)

aplicaron un tratamiento de 60°C por 20 minutos a salchichas de puerco y obtuvieron que el tiempo y temperatura de aplicación tuvieron impacto sobre las propiedades de textura del producto, siendo las más afectadas la dureza y por lo tanto la masticabilidad y gomosidad; en el análisis sensorial mostraron que estos cambios detectados en el perfil de textura no tuvieron un impacto importante en la percepción de los consumidores.

Otros estudios relacionados con la aplicación de tratamientos térmicos han reportado que la dureza influye directamente en la gomosidad y masticabilidad. Han-Jun y col. (2004) evaluaron diversos embutidos expuestos a 40°C y 60° a diferentes tiempos. A 40°C no se observa en la dureza un incremento significativo, pero en el cambio de temperatura a 60°C existe ya un marcado incremento que se ha atribuido a los cambios en los componentes miofibrilares del músculo.

### **8.2.2. Determinación de las propiedades mecánicas absolutas de las salchichas tratadas térmicamente.**

Las propiedades reológicas de un alimento pueden expresarse en términos de funciones materiales que relacionan el esfuerzo con la deformación. El esfuerzo, definido como una fuerza sobre unidad de área y expresado en kPa, puede producirse por tensión compresión o corte, mientras que la deformación, medida adimensional, es la razón del cambio de longitud de deformación con la longitud original del material cuando se aplica un esfuerzo. A partir de los datos obtenidos de las curvas fuerza vs tiempo que proporciona el texturómetro se puede calcular el módulo de Young que es una medida de la rigidez de una materia cuasi-elástica, estimado en la parte lineal de la curva de compresión < 8% (Medina, 2005) como se muestra en la Figura 11 y el esfuerzo a la fractura que es la deformación relativa en la que un material comienza a fracturarse (Grossi y col., 2011).



**Figura 11.** Módulo de Young y fuerza de fractura a partir de curvas fuerza-tiempo.

Los atributos mecánicos de las salchichas tratadas térmicamente se presentan en el Cuadro 4.

Se hizo un análisis para comparar las medias de los tratamientos con la prueba de Tukey y otro análisis para comparar los tratamientos con respecto al control con la Prueba de Dunnett.

**Cuadro 4.** Propiedades mecánicas de las salchichas tratadas térmicamente

<b>Tratamiento</b>	<b>Módulo de Young<sup>1</sup></b>	<b>Fuerza de fractura<sup>2</sup></b>
1: 60°C/30'	86.98 ± 2.98e	112.09 ± 1.47d
2: 60°C/50'	96.54 ± 1.33d*	108.82 ± 1.34d
3: 65°C/40'	98.91 ± 1.29cd*	111.79 ± 2.19d
4: 70°C/30'	100.86 ± 1.89c*	120.71 ± 1.52c
5: 70°C/50'	113.52 ± 1.53a	124.13 ± 1.97bc
6: 75°C/40'	105.05 ± 1.03b	123.35 ± 1.21bc
7: 80°C/30'	112.73 ± 0.53a	125.33 ± 1.47b
8: 80°C/50'	113.82 ± 0.75a	133.63 ± 0.77a
Control	97.98 ± 1.65cd*	103.99 ± 1.07e

Los valores se presentan como la media cuatro mediciones de cada parámetro ± la DE. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa entre tratamientos mediante la prueba de Tukey.

\*Indica que no existe diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto al Control, analizados mediante la prueba de Dunnet.

<sup>1</sup>Expresados en kPascuales.

<sup>2</sup>Expresados en Newtons.

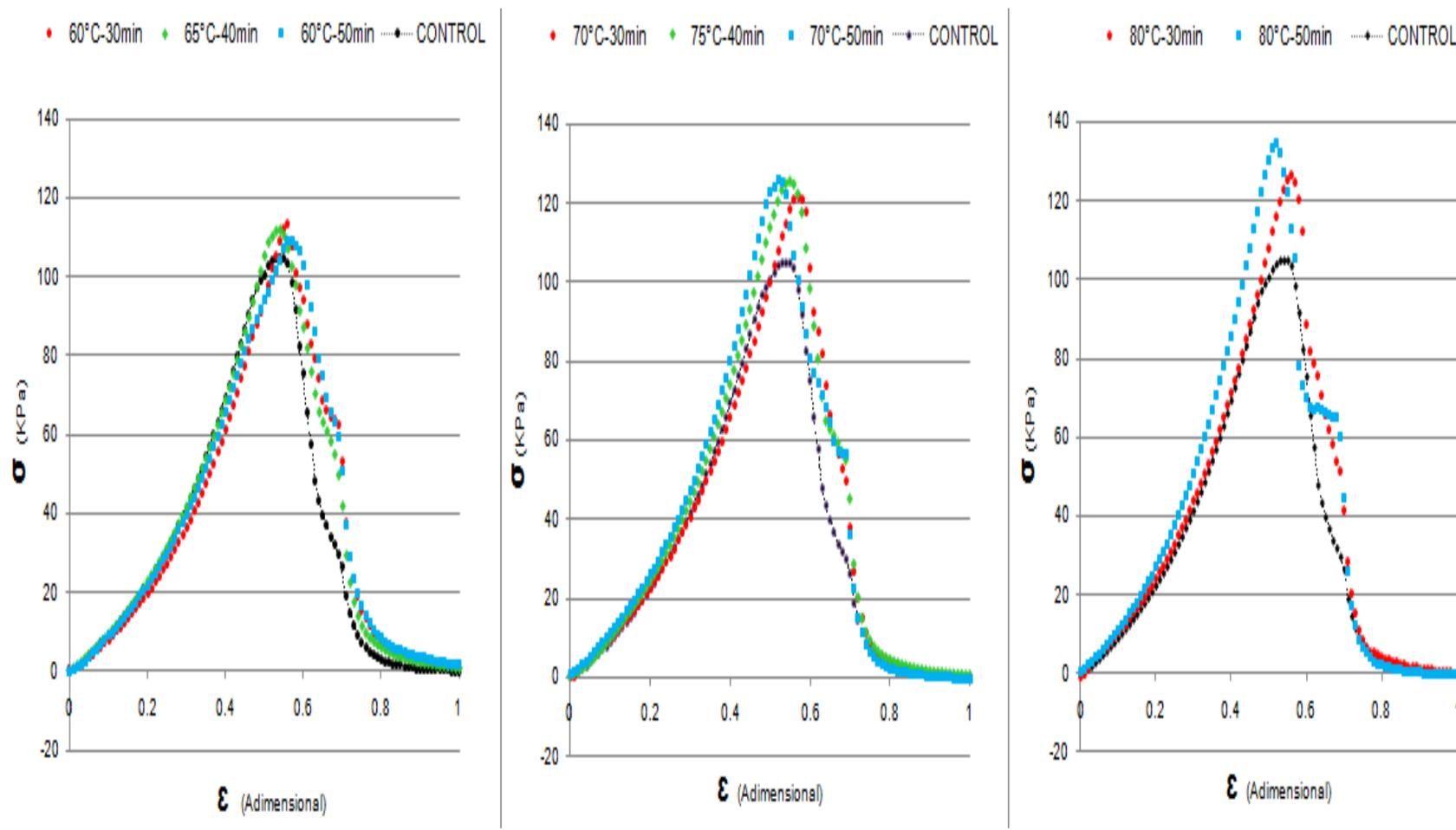
La temperatura de exposición durante el tratamiento mostró tener un efecto significativo sobre el módulo de Young y la fuerza de fractura. Donde a los 80°C se presentaron los valores del módulo de Young (rigidez) y fuerza de fractura más altos y el control mostró los valores más bajos. En general, se puede observar que los productos más rígidos se obtuvieron a las más altas temperaturas evaluadas en este estudio.

En la Figura 12 se presentan las curvas de esfuerzo ( $\sigma$ ) vs la deformación ( $\epsilon$ ) de las salchichas tratadas y se observa que éstas presentaron un punto de deformación mayor de 50%, es decir, se muestra que tan maleable es la muestra con el tratamiento térmico aplicado.

Por su parte, la fuerza de fractura es la deformación relativa en la que un material comienza a fracturarse. Una deformación a la fractura pequeña significa que el material es frágil (Grossi y col., 2011). Las salchichas expuestas a 60°C se muestran frágiles, pero el valor de la fuerza de fractura se va incrementando conforme se aumenta la temperatura del tratamiento.

Por lo que las propiedades mecánicas del alimento tratado térmicamente mejoraron con respecto al control. Se ha reportado que en salchichas adicionadas con fibra de zanahoria y tratadas térmicamente a 40°C, 50°C y 60°C el valor del módulo de Young se incrementa conforme se aumenta la temperatura, además observan que el tratamiento aplicado favorece la estabilización de la red de proteínas y le confiere buena firmeza al alimento (Eim y col., 2008). Estos resultados concuerdan con las pruebas imitativas del APT respecto a las variables de dureza y cohesividad.

En este estudio, las mejores condiciones de tiempo y temperatura se presentaron en salchichas expuestas a 70°C/30 o 50 min.



**Figura 12.** Fuerza de fractura y punto a la deformación de salchichas tratadas a 60°C-80°C por 30-50 min

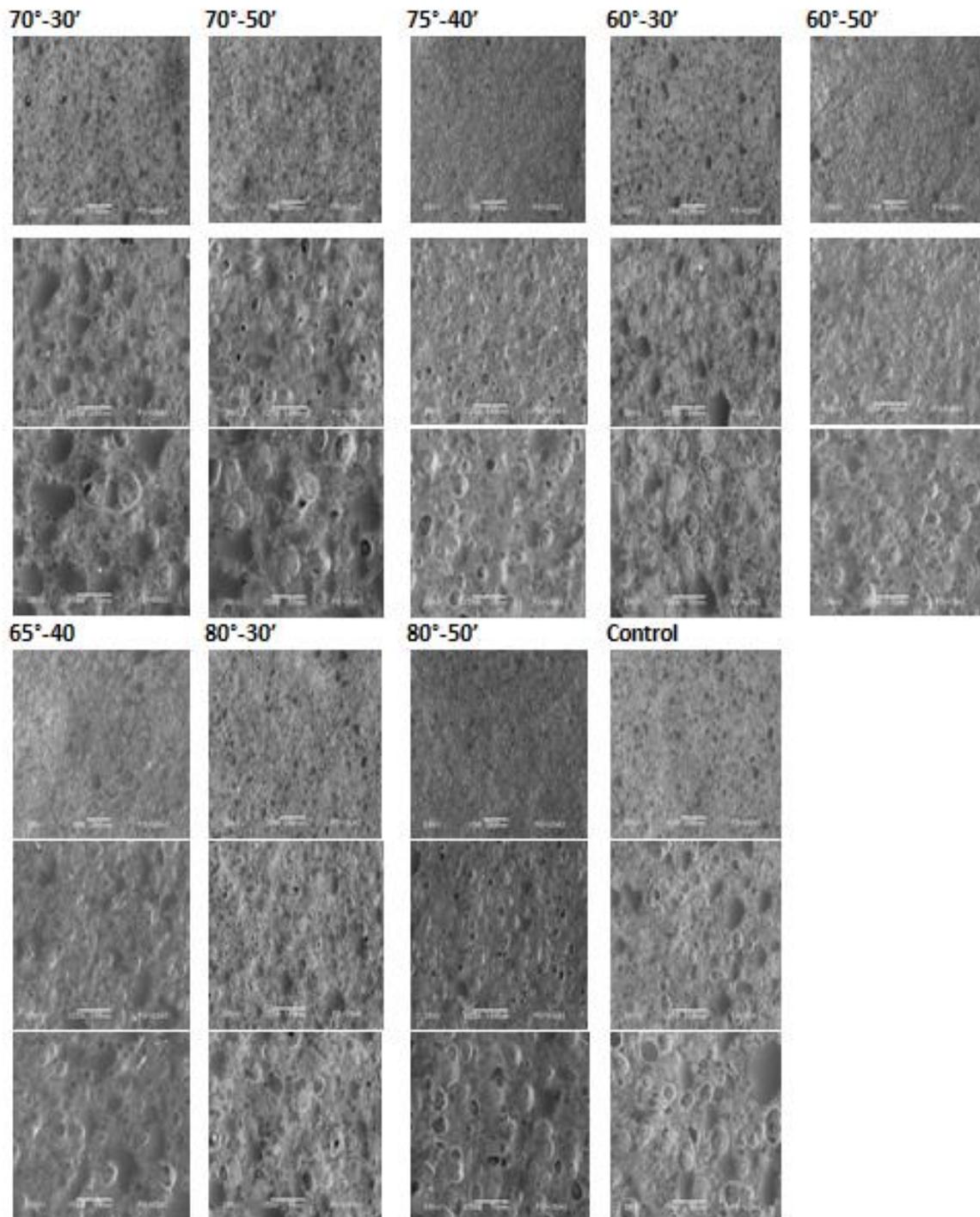
### **8.2.2. Observación de la microestructura de las salchichas expuestas a diferentes tratamientos térmicos.**

Los procesos térmicos aplicados en cárnicos han sido diseñados para obtener productos de mejor calidad, eliminando las poblaciones microbianas que potencialmente podrían causar deterioro e incluso comprometer la inocuidad del mismo, sin embargo la aplicación de este tipo de tratamientos puede traer como consecuencia una ruptura de la emulsión cárnica, separación de la grasa y el agua, así como pérdida excesiva de humedad (Mittal, 2004). Un método cualitativo para estudiar la estructura de embutidos es examinar microscópicamente las muestras en las diferentes condiciones de procesamiento a las que son sometidos estos productos (Helmer, 1963). La estructura microscópica puede determinar el aspecto textural así como algunas propiedades de unión en la emulsión.

En las salchichas tratadas térmicamente (60-80°C/30-50min) se hicieron observaciones al microscopio electrónico de barrido y se utilizó como control muestras que no fueron tratadas.

En la formación de la emulsión de carne, la grasa animal constituye la mayor parte de la fase discontinua y el agua, proteínas y sal representa la matriz continua con algunos fragmentos dispersos de tejido conectivo. Dos cambios importantes se han observado en las emulsiones tratadas térmicamente: en primer lugar, la membrana que rodea las micelas de grasa se ha interrumpido, lo que resulta en un aumento de poros abiertos, y la segunda, la fase continua de la emulsión se ha visto alterada por el tratamiento térmico (Borchert y col., 1967).

La Figura 13 muestra las micrográficas de salchichas expuestas al tratamiento térmico (60-80°C/30-50 min) y de salchichas sin tratar (control).



**Figura 13.** Micrografías de salchichas expuestas al tratamiento térmico (60-80°C/30-50 min) y de salchichas sin tratar (control). Resolución 90x, 250x y 500x.

La matriz de proteínas en una emulsión es de superficie brillante, lisa y clara, como lo podemos observar en las muestras del control. La humedad del producto también ha sido reportada como factor que influye sobre la matriz de las proteínas (Cassens y col., 1997) por lo que cabe resaltar, que estas muestras que no fueron tratadas térmicamente mantuvieron un nivel de humedad más alto en comparación a las muestras tratadas y por lo tanto las microestructuras observadas de los controles tuvieron una menor densidad de la matriz de proteínas, lo que se traduce en estructuras menos duras y fácilmente masticables.

Cuando las interfases de aceite-agua están intactas, se observa muy poca aglomeración de grasa, es decir, que en una emulsión no tratada térmicamente la grasa se concentra dentro de la proteína, la apariencia de esta matriz que encierra a la grasa se asemeja a un panal de abejas (Cassens y col., 1997) y se observa en el control, a diferencia en las muestras tratadas donde la temperatura y tiempo de exposición se ha incrementado éstas estructuras se pierden por la alteración en la matriz de proteínas que se hace evidente por el aumento en el número de poros abiertos o espacios huecos.

En las micrografías de las salchichas tratadas a 60°C, se ve que hay una ligera contracción de la matriz de proteínas, y el color en general de la lámina es un poco más oscuro con respecto al control, hay reportes que a éstas temperaturas no existe todavía una coagulación de proteínas, ni tampoco existe rompimiento de la emulsión (Cassens, 1997) por lo que los glóbulos se presentan casi uniformes en su tamaño, y esto lo podemos observar a los 60°C y 65°C de exposición.

Con respecto al control las muestras de 70°C y 75°C el grado de alteración de la matriz es mayor, y a 75°C con mayor resolución observa el cambio en el tamaño de las partículas de grasa, congruente con lo reportado por Borchet y col. (1967) y Ayo y col. (2008), ya que observaron que el tamaño de las partículas de grasa, es menor en embutidos expuestos entre 50°C y 60°C y se incrementan conforme la temperatura y el tiempo de calentamiento aumentan.

A 80°C se ve en general el color más oscuro de la lámina y la textura de la superficie también se muestra diferente con respecto al control, dicho cambio de color es más evidente con la mayor resolución y mayor aumento 2000X, esto puede deberse al grado de alteración de la matriz de proteínas. Se ha reportado que si hay un calentamiento excesivo del alimento, esto puede observarse en las micrografías por medio de zonas densas e irregulares en la matriz de proteínas, y además por arriba de los 80°C puede ocurrir la separación de grasa, y conforme se aumenta la temperatura el grado de coagulación y de alteración de la matriz de proteínas es visible y secuencial (Mittal, 2004).

El incremento de la dureza del alimento puede presentarse debido a que alrededor de los 80°C los glóbulos de grasa se mantienen en una red más rígida lo que lleva a la pérdida de la capacidad de las proteínas de retener agua. El grado de coagulación y alteración de la matriz de proteínas incrementa conforme se incrementa la temperatura en el proceso (Ayo y col., 2008).

Conjuntando los resultados anteriormente expuestos de la evaluación microbiológica, textura y microscopía, el tratamiento propuesto fue el de 70°C/50 min, ya que redujo al microorganismo deteriorador alrededor de 4 Log UFC/salchicha y se obtuvieron mejores atributos mecánicos en el alimento.

### **8.3 Evaluación de las características sensoriales de salchichas tratadas térmicamente**

Salchichas recién elaboradas se acondicionaron para ser tratadas térmicamente a 70°C por 50 minutos, éstas fueron utilizadas para el análisis sensorial que se realizó en 2 partes: con un panel entrenado y con consumidores.

#### **8.3.1. Evaluación de las características sensoriales de salchichas tratadas térmicamente por un panel entrenado.**

La información sobre las características sensoriales específicas de un alimento requiere de pruebas orientadas al producto. La identificación y medición de las propiedades sensoriales es factor esencial para el desarrollo de nuevos productos alimenticios, reformulación de productos ya existentes, identificación de cambios causados por los métodos de procesamiento, almacenamiento así como, para el mantenimiento de normas de control de calidad. Cuando se modifica la fórmula de un alimento o se desarrolla una nueva fórmula, las pruebas orientadas al producto preceden a menudo a las pruebas orientadas al consumidor. La información cuantitativa que se requiere del producto, se obtiene llevando a cabo evaluaciones sensoriales en el laboratorio con paneles entrenados (Anzaldúa, 1994); estos funcionan como instrumentos de medición. Los paneles entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor, textura o apariencia. Por lo general, estos paneles pueden constar de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial, los que han sido especialmente entrenados para la tarea que se realizará. Los panelistas entrenados no deben utilizarse para evaluar aceptabilidad de alimentos, ya que, debido a su entrenamiento especial, no sólo son más sensibles a las pequeñas diferencias que lo que es el consumidor promedio, sino que también pueden poner a un lado sus preferencias y aversiones cuando están midiendo parámetros sensoriales (Van-Triip y col., 1995).

Las mejores condiciones de prueba se obtienen con instalaciones físicas permanentes, especialmente diseñadas para pruebas sensoriales. Las áreas básicas son: (1) área de preparación de alimentos; (2) área separada para discusión del panel; (3) área de cabinas de degustación; (4) área de oficina o un

escritorio para el encargado del panel; (5) material y equipo para preparar y servir las muestras (Watts y col., 1992).

Las instalaciones en donde se realizó la prueba en nuestro estudio cumplían con los requisitos básicos que deben ser llenados para que las pruebas puedan ser conducidas eficientemente y los resultados a obtenerse sean confiables.

El panel entrenado realizó la prueba descriptiva de perfil de textura, la cual evalúa la textura compleja de un alimento en términos de sus características mecánicas, geométricas, su grasa, su humedad, el grado que cada uno de ellos presenta y el orden en el cual aparecen desde la primera mordida y a través de su completa masticación hasta consumir el producto. Este método fue desarrollado buscando eliminar los problemas de de variabilidad con respecto al sujeto, permitiendo la comparación directa de resultados con materiales conocidos y proveer una relación con las medidas instrumentales (Muñoz y Civille, 1998), se escalas estándares de calificación para cada término de textura y su material específico de referencia para representar cada categoría de la escala en cada uno de los términos (Herbert y Joel, 2004).

La empresa productora de embutidos ha definido algunos parámetros de textura de las salchichas de pavo que elabora, éstos se muestran el Cuadro 1, además para la realización de esta prueba la empresa proporcionó 13 panelistas entrenados, mismos que contaban con experiencia en el área de evaluación sensorial de este tipo de productos cárnicos y que además conocían bien las características sensoriales de textura específicas de las salchichas que no recibieron el tratamiento térmico y las cuales se utilizaron como control en esta evaluación.

**Cuadro 5.** Parámetros de textura de las salchichas de pavo

<b>Textura</b>	<b>Atributos adecuados</b>	<b>Atributos inadecuados</b>
	Suave	Muy adhesiva
	Firme	Pastosa
	Homogénea	Heterogénea
	Masticable	Dificultad al deglutir

El Cuadro 6 muestra las calificaciones otorgadas a cada atributo de textura evaluado por el panel entrenado para las salchichas tratadas térmicamente y las que no fueron tratadas mediante una escala estructurada de 10 cm de largo, donde, extremo inicial= poco intenso y extremo final= muy intenso.

**Cuadro 6.** Media de las calificaciones obtenidas para los atributos de textura evaluados por el panel entrenado

<b>Atributo de textura evaluado</b>	<b>Calificación<sup>1</sup></b>	
	<b>Salchichas Control (sin tratamiento térmico)</b>	<b>Salchichas tratadas térmicamente</b>
<b>Elasticidad</b>	5.00 ± 0.93a	4.92 ± 0.86a
<b>Uniformidad a la mordida</b>	4.96 ± 1.03a	5.07 ± 1.05a
<b>Pastosidad</b>	1.70 ± 1.15a	1.60 ± 1.08a
<b>Dureza</b>	3.90 ± 0.82a	4.23 ± 0.81a

Los valores se presentan como la media de las mediciones de cada parámetro ± la DE. Letras diferentes indican que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos mediante la Prueba de Tukey.

1: Calificadas con una escala estructurada de 10 cm de largo, donde extremo inicial= poco intenso y extremo final= muy intenso.

Para los atributos de textura evaluados por el panel entrenado, se observó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre las muestras tratadas térmicamente a 70°C por 50 minutos y las sin tratar. En el análisis instrumental de textura, los valores de elasticidad y dureza de las muestras tratadas térmicamente aumentaron conforme el tiempo y la temperatura de exposición al calor se incrementaron. Sin embargo estas diferencias en el perfil sensorial de textura

aparentemente no fueron detectadas, ya que el panel entrenado calificó de manera muy similar tanto las muestras como los controles.

La uniformidad a la mordida y la pastosidad de las muestras fueron calificadas de manera muy similar al control, apegándose a las características deseables de este producto por parte de la empresa, ya que no solo buscan que la textura del alimento sea firme sino también que cuando éste se mezcle con la saliva de la boca la masa que se forme sea poco pastosa.

Para evaluar los atributos de textura deben de interaccionar varios sentidos, para que ésta sea más completa y se pueda realizar un mejor análisis del producto por parte del panel entrenado, sin embargo comúnmente a éstas pruebas le siguen las de aceptación ya que aportan información importante a la empresa en cuanto a si el producto es del gusto de los consumidores.

### **8.3.2. Evaluación de las características sensoriales de salchichas tratadas térmicamente por un grupo de consumidores.**

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas, las cuales evidencian el grado en que gusta un producto y se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y éstos son de cierta manera difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales. La evaluación se realizó por medio de un cuestionario (ver Apéndice I) con estudiantes y personal administrativo de la Universidad Autónoma de Querétaro, hombres y mujeres cuyas edades se encontraron entre 18 y 50 años y que declararon consumir este tipo de embutido. El 27% de los consumidores que se consideraron para la evaluación, señalaron que consumían con regularidad la marca de salchichas que se utilizaron para este estudio.

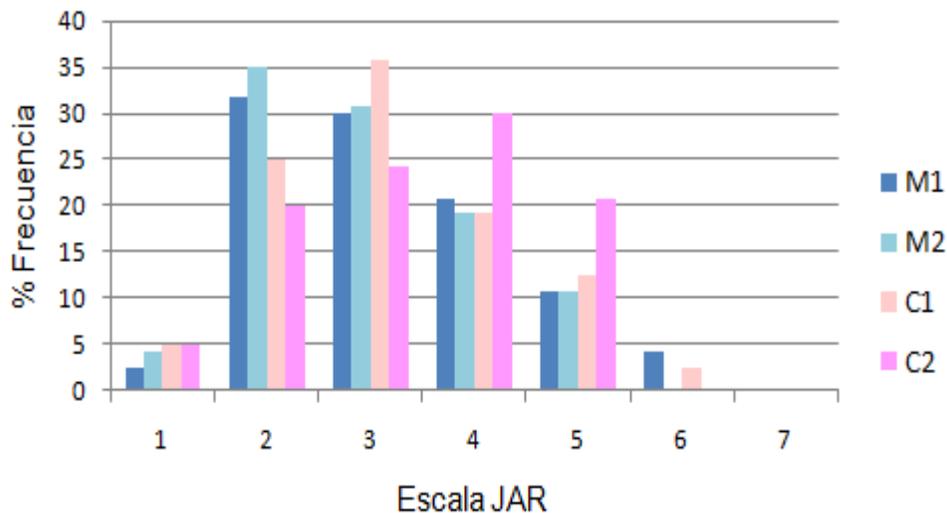
### 8.3.2.1. Evaluación sensorial del agrado general de salchichas tratadas térmicamente por 120 consumidores

Para la evaluación sensorial del agrado general de las salchichas tratadas térmicamente los consumidores lo hicieron mediante una escala hedónica de 7 puntos (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Escala hedónica de 7 puntos utilizada para evaluar el nivel de agrado general de las salchichas tratadas térmicamente

1	2	3	4	5	6	7
Me gusta muchísimo	Me gusta bastante	Me gusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta ligeramente	Me disgusta bastante	Me disgusta muchísimo

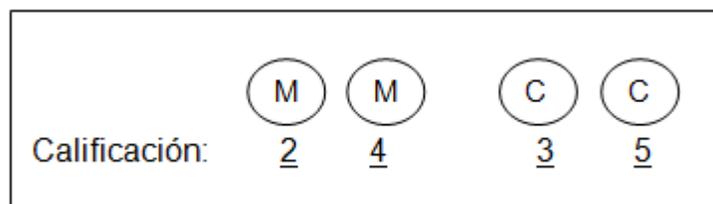
La aceptabilidad es la cualidad de un alimento a ser satisfactorio, complaciente o agradable (Tsai y col., 1997) y ésta se muestra en la Figura 14 como el porcentaje de frecuencia de las respuestas que se obtuvieron por muestras (M1 y M2) y controles (C1 y C2) para los 7 niveles o categorías de la escala hedónica.



**Figura 14.** Distribución de las frecuencias de las calificaciones del agrado general de las salchichas tratadas térmicamente mediante una escala hedónica de 7 puntos (n=120).

El mayor porcentaje de frecuencia de las respuestas se obtuvo para las categorías 2 (me gusta bastante) y 3 (me gusta ligeramente), es decir, los consumidores mostraron un buen nivel de agrado tanto por las muestras como por los controles. También se observa que en la categoría 2 es ligeramente mayor el porcentaje de frecuencia en las respuestas que corresponden a las muestras que a los controles.

Los consumidores calificaron dos muestras (M1 y M2) y dos controles (C1 y C2), sin embargo se observó que hubo falta de homogeneidad en las respuestas, es decir un determinado consumidor evaluó de diferente manera las dos porciones de muestras, a pesar de que ésta era la misma salchicha que recibió el tratamiento térmico; lo mismo pasó para el caso de los controles, a pesar que fueron los mismos y se les presentaron también dos veces, las evaluaciones fueron diferentes. Esta falta de homogeneidad en las respuestas fue significativa al hacer la prueba de Ji cuadrada. Un ejemplo de la inconsistencia o falta de homogeneidad en las repuestas se ilustra en la Figura 15.



**Figura 15.** Esquema de un ejemplo que representa la falta de homogeneidad o inconsistencia en las respuestas dadas por los consumidores a muestras y controles

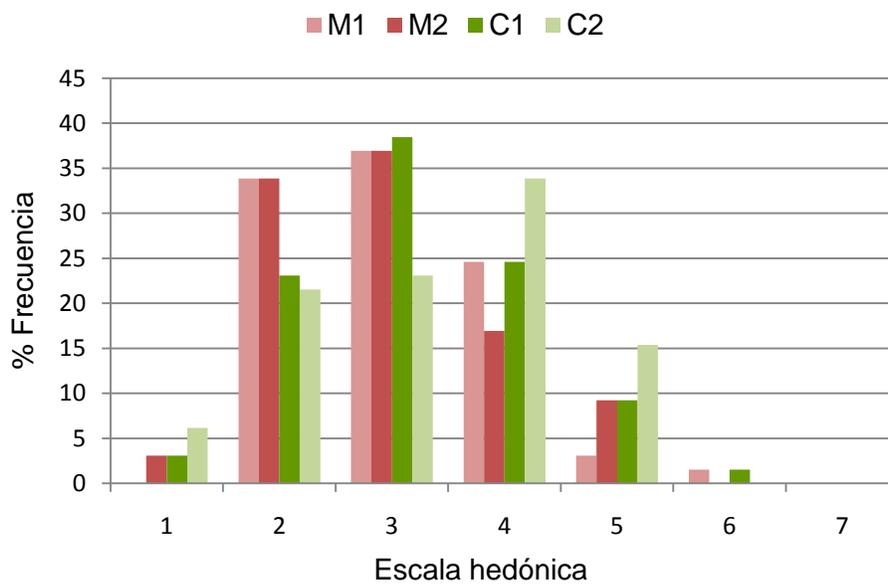
Esta inconsistencia se observa en las barras de los gráficos. Idealmente las barras correspondientes a M1 y M2, C1 y C2 serían iguales, entre más uniformes sean entre ellas la respuesta se considera más homogénea. Las respuestas de los consumidores y barras desiguales marcan la falta de homogeneidad o inconsistencia. Por lo que se hizo un análisis para conocer si el orden en que los consumidores evaluaron las muestras influyó en estas inconsistencias.

Durante las pruebas sensoriales, las respuestas de los panelistas pueden verse influidas por algunos factores psicológicos que deben tomarse en cuenta para la ejecución de las pruebas y así no incurrir en varios tipos de errores.

La manera en que se colocan u ordenan las muestras para la evaluación, puede influir sobre los juicios de los panelistas (Rosenthal, 1999). Por ejemplo, cuando se presentan dos muestras, a menudo ocurre que la primera muestra evaluada resulta preferida o recibe un puntaje mayor que la segunda. Si el orden de presentación de las muestras es al azar, de manera que las muestras se presenten en diferentes posiciones a cada panelista, se pueden reducir al mínimo los errores por posición.

En este estudio se entregaron tanto las muestras como los controles a los consumidores en orden aleatorio, sin embargo se quiso conocer si el orden en que las evaluaron tuvo influencia sobre sus respuestas. Y se observó que las evaluaciones realizadas en el orden MMCC y el orden CCMM tuvieron los mayores porcentajes, 25% y 23% respectivamente, del total de las respuestas que se consideraron como inconsistentes. Es decir, como es el caso del orden MMCC se vio que los consumidores evaluaron de manera similar las dos muestras presentadas pero al probar los controles seguidos los calificaron de manera diferente a pesar de ser los mismos y precisamente uno de los mayores problemas asociados al análisis sensorial enfocado a consumidores, es conseguir que la respuesta humana sea precisa y reproducible, otro aspecto que también se debe considerar es la variabilidad intrínseca del alimento, así como también considerar que probablemente faltó concentración en la evaluación por parte de los consumidores.

Por lo anterior, se hizo un análisis considerando solamente las respuestas de 65 consumidores, los cuales mostraron mayor consistencia en sus repuestas, los resultados se muestran en la Figura 16 como el porcentaje de frecuencia de las respuestas, para el nivel de agrado general del producto.



**Figura 16.** Distribución de las frecuencias de las calificaciones del agrado general de las salchichas tratadas térmicamente evaluadas por 65 consumidores, mediante una escala hedónica de 7 puntos (n=65)

El análisis que consideró las respuestas de 65 consumidores mostró que el mayor porcentaje de frecuencia de las respuestas se obtuvo para las categorías 2 (me gusta bastante) y 3 (me gusta ligeramente), es decir, los consumidores mostraron un buen nivel de agrado tanto por las muestras como por los controles, ésta tendencia fue muy similar a la que se observó en los 120 consumidores, lo que se traduce en que la mayoría de los panelistas, evaluaron el agrado general del producto de manera similar tanto las salchichas tratadas térmicamente como las que no fueron tratadas.

Como se expuso anteriormente, es difícil conseguir que la respuesta humana sea precisa y reproducible dado que el aparato sensorial humano muestra grados de variación de sensibilidad de persona a persona y además si se considera que los consumidores no suelen estar familiarizados con la textura y la forma de evaluarla, es problemático saber qué atributos de los alimentos pueden predecir las preferencias de los consumidores. Comúnmente los consumidores pueden evaluar un simple atributo de textura, como la dureza, pero atributos más específicos como la fracturabilidad no son comunes a los consumidores (Van-Trijp

y Schifferstein, 1995). Por lo que los atributos de textura evaluados en este estudio se analizaron considerando las respuestas de los 65 consumidores que mostraron mayor consistencia en sus respuestas, sin embargo se observó que esta tendencia era muy similar a la que se presentaba con los 120 consumidores, estos resultados se muestran en el Apéndice I.

### 8.3.2.2. Evaluación sensorial de los atributos de textura de salchichas tratadas térmicamente por 120 consumidores

Para la evaluación de los atributos se utilizó la escala JAR (justo en lo correcto), la cual mide la adecuación de un nivel de un atributo específico. Ésta ha sido utilizada para determinar los niveles óptimos de los atributos de un producto y ha servido de guía para entender por qué a los consumidores les gusta o no les gusta un producto y encaminar los esfuerzos de desarrollo de productos, dirigidos a aumentar la aceptabilidad de los consumidores (Johnson y Vickers, 1987). Existen algunas variaciones para esta escala, aunque típicamente consisten en cinco o siete puntos, que van desde muy poco a demasiado. La escala utilizada en este estudio se muestra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Escala JAR de 7 puntos utilizada para evaluar los atributos de textura de las salchichas tratadas térmicamente

1	2	3	4	5	6	7
Exageradamente menos de lo que me gusta	Mucho menos de lo que me gusta	Menos de lo que me gusta	JUSTO lo que me gusta	Más de lo que me gusta	Mucho más de lo que me gusta	Exageradamente más de lo que me gusta

Las gráficas de los resultados de los atributos de textura se muestran en la Figura 17.

El primer atributo de textura que se evaluó fue la dureza a la primera mordida y los resultados indicaron que tanto muestras como controles fueron calificados en su mayoría de las veces con un valor de 4 “justo lo que me gusta”, es decir, ésta característica fue percibida por los consumidores de manera muy parecida en las salchichas tratadas térmicamente y las no tratadas.

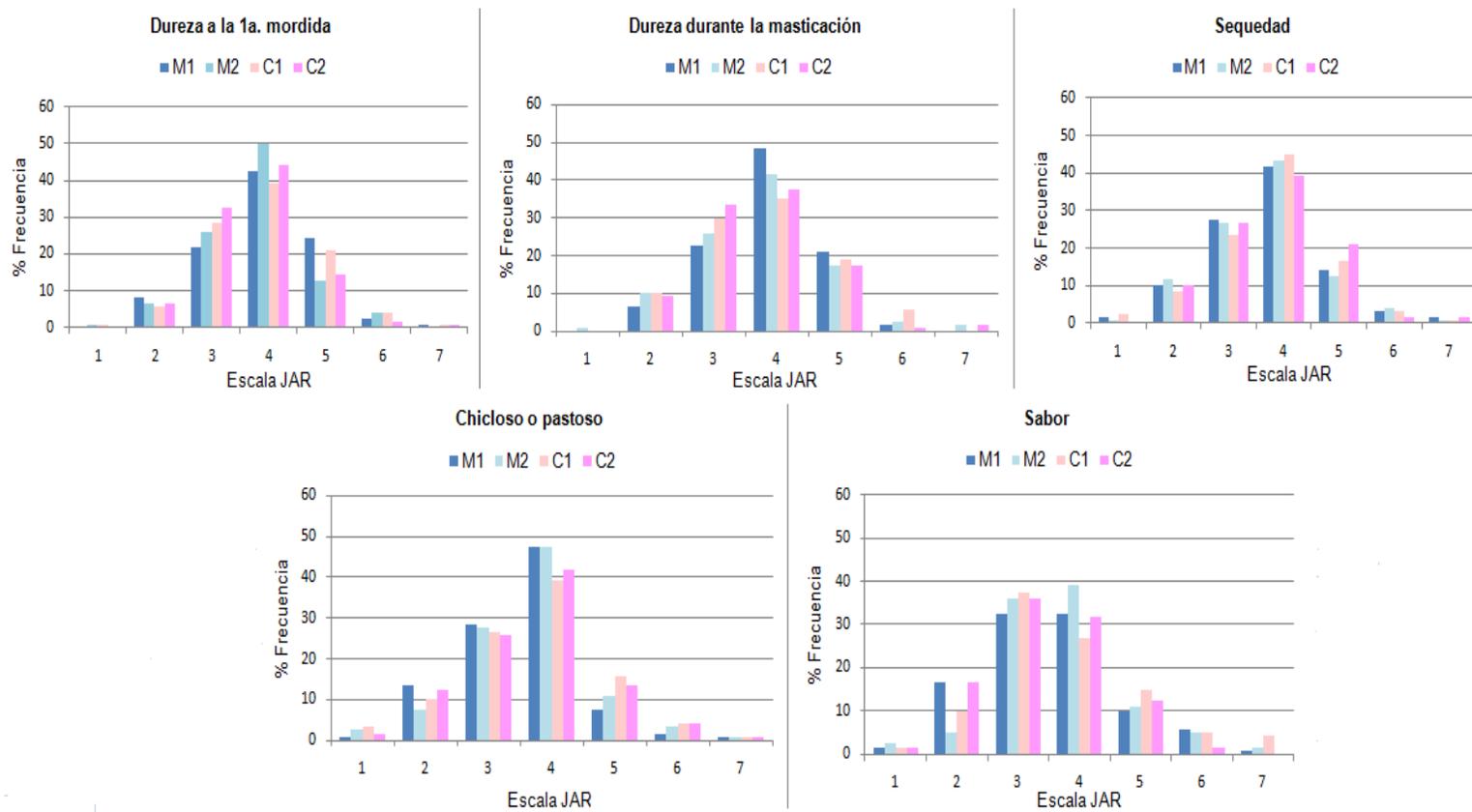
Se observa también en el valor 3 de la escala JAR “menos de lo que me gusta”, un porcentaje ligeramente mayor para los controles con respecto a las muestras. Alrededor del 20% de las veces se calificó de manera similar con un valor 5 “más de lo que me gusta”, las muestras y los controles. Aunque en el análisis instrumental se observó que las salchichas tratadas mostraron mayor dureza con respecto al control, éstas diferencias en la textura del alimento no fueron detectadas por los consumidores, ya que evaluaron tanto muestras como controles de una manera muy similar.

Se pidió a los panelistas que evaluaran la dureza durante la masticación y la distribución de frecuencias de las calificaciones de las salchichas evaluadas indicó que la mayoría de las veces las muestras (45%) y los controles (35%) fueron calificados con un valor 4 “justo lo que me gusta”. En el punto 3 de la escala JAR “menos de lo que me gusta” se ve que los consumidores calificaron con este valor con una frecuencia ligeramente mayor a los controles (aproximadamente 35%) con respecto a las muestras (25% aproximadamente). Un porcentaje cerca del 20% de las respuestas fue para el punto “más de lo que me gusta”, donde las muestras y los controles también fueron evaluadas de manera similar.

La distribución de frecuencias de las calificaciones otorgadas para el atributo sequedad de las salchichas tratadas térmicamente indicó que en el punto 4 “justo lo que me gusta” de la escala un porcentaje por arriba del 40% calificó con la misma frecuencia de respuestas tanto los controles como las muestras, tendencia muy parecida para el valor 3 “menos de lo que me gusta” donde muestras y controles fueron calificadas de manera muy parecida. Sin embargo, para el punto 5 “más de lo que me gusta” de la escala, los controles obtuvieron un porcentaje mayor (20%) en la frecuencia de las respuestas con respecto a las muestras (15%).

El último atributo sensorial que evaluaron los consumidores fue el sabor de las salchichas tratadas y no tratadas térmicamente. En el punto 3 y 4 de la escala, se encuentran los mayores porcentajes de frecuencia de las respuestas de los consumidores.

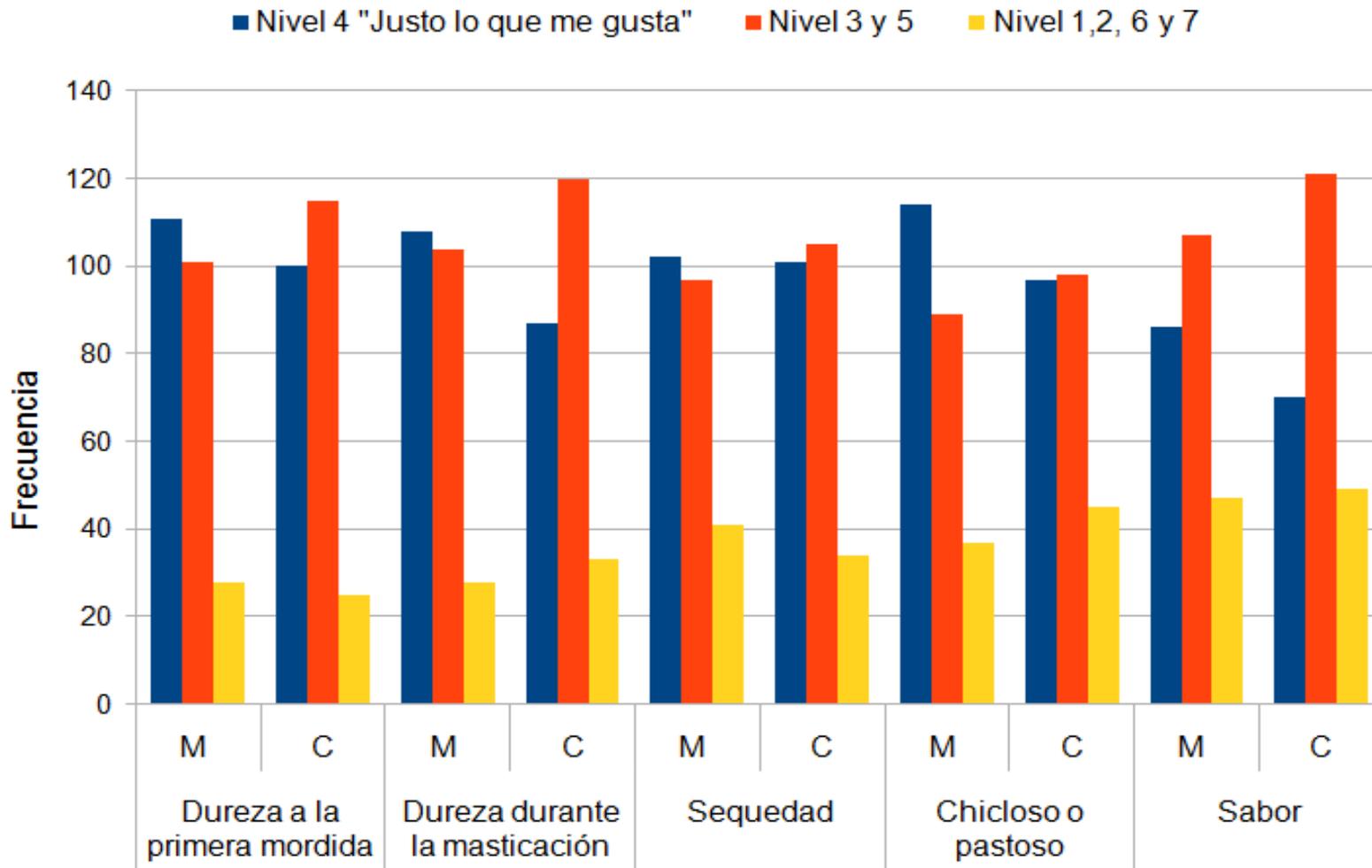
En el punto “justo lo que me gusta” se observa un porcentaje ligeramente mayor para las muestras que para los controles, y en el punto “menos de lo que me gusta” de la escala se ve que un porcentaje alrededor del 35%, percibió que faltaba sabor a las salchichas, esta observación fue ligeramente más marcada para los controles con respecto a las muestras. El sabor fue el atributo que calificaron los consumidores con mayor frecuencia en el nivel 3 de la escala, en comparación con los otros atributos de textura.



**Figura 17.** Distribución de las frecuencias de las calificaciones de los atributos de textura de salchichas tratadas térmicamente y sin tratar evaluadas por 120 consumidores, mediante una escala JAR de 7 puntos.

En general, se observó que los consumidores calificaron las muestras y los controles más frecuentemente en la categoría 4 “justo lo que me gusta” para los atributos de textura evaluados, como se muestra en la Figura 18, donde se consideraron los niveles 4, la suma de los niveles 3 y 5, y la suma de los niveles 1,2,6 y 7 de la escala JAR.

La textura es esencialmente una experiencia humana que surge de la interacción con los alimentos y que ocurre en la boca al masticar el alimento sin embargo se utilizan varios sentidos para percibirla, como la visión tacto y el oído (Wilkinson y col., 2000), por lo que su evaluación no es sencilla, en este sentido, existen diversos reportes donde para medir la aceptabilidad de este tipo de embutidos piden a los consumidores evaluar el parámetro textura, sin hacer referencia a una característica en específico de este atributo, lo que complica su evaluación, por ejemplo, en un estudio realizado con salchichas de pavo (Flores y col., 2000) se les pidió a jueces consumidores que evaluaran la textura del alimento, sin embargo notaron que los panelistas hicieron referencia a la textura como “blanda” “poco pastosa” o “firme” lo que hacía evidente la falta de claridad en el atributo que las personas debían de evaluar.



**Figura 18.** Porcentajes de frecuencia de las calificaciones en los niveles de la escala JAR de los atributos de textura que evaluaron los consumidores para muestras (M) y controles (C), (n=120)

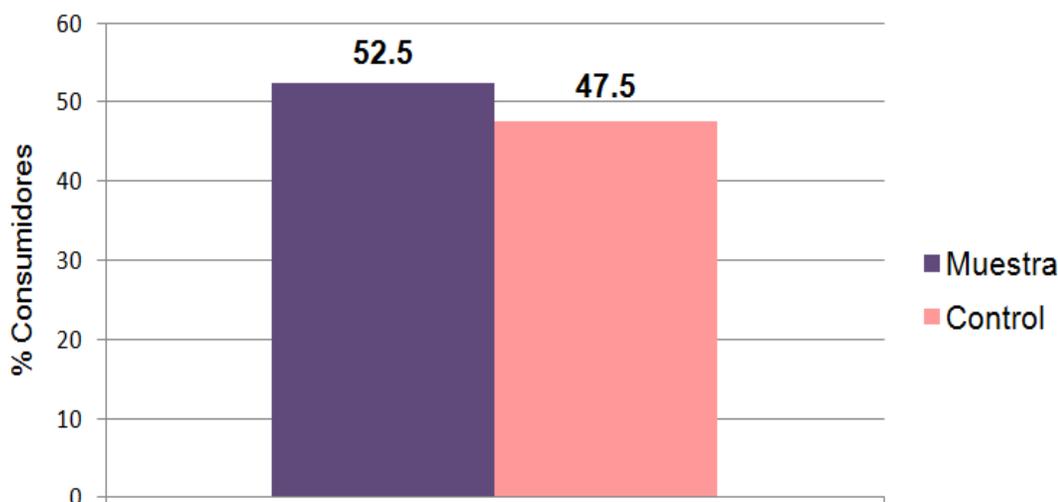
En este estudio no sólo se quiso conocer la preferencia del consumidor sobre las salchichas tratadas térmicamente sino también conocer cuál era la causa de esa preferencia, por tal motivo, se les pidió que evaluaran algunos atributos de textura específicos que se vieron influenciados por el tratamiento térmico en el análisis instrumental. Sin embargo como la percepción de una misma propiedad pudo haber sido completamente diferente de una persona a otra se busca la respuesta global que marque la tendencia de la preferencia del grupo

La respuesta de los consumidores para todos los atributos de textura fue muy similar entre muestras y controles.

Esto se puede corroborar en un análisis donde se consideraron 240 observaciones para las muestras y 240 observaciones para los controles, es decir, se tomaron en cuenta el total de las calificaciones otorgadas a las salchichas tratadas térmicamente y de igual manera, el total de las calificaciones otorgadas a las muestras sin tratar. Los resultados se presentan como el porcentaje de frecuencia de las calificaciones obtenidas para los atributos de textura, ver Apéndice I.

Debido a que la preferencia por distintos atributos de textura ha sido reportada por algunos autores como una cuestión versátil ya que involucra la interacción de varios sentidos, es importante notar que ésta también se puede ver influenciada por la edad, género, clase socio-económica, etc., (Kälviäinen, 2002) por lo que un estudio más profundo a cerca de la preferencia de las características del alimento puede desarrollarse considerándose los factores antes mencionados.

Finalmente se les pidió a los consumidores que indicaran la muestra que más les había agradado según las cuatro evaluaciones que realizaron y los resultados se muestran en la Figura 19.



**Figura 19.** Porcentaje de consumidores que prefirieron la muestra (salchichas tratadas térmicamente) o el control (salchichas no tratadas), (n=120)

En congruencia con lo que se observó en la prueba de agrado general del producto, se encontró que los consumidores no mostraron diferencia en su preferencia por los controles o las muestras ya que en los resultados el porcentaje mostró una preferencia similar.

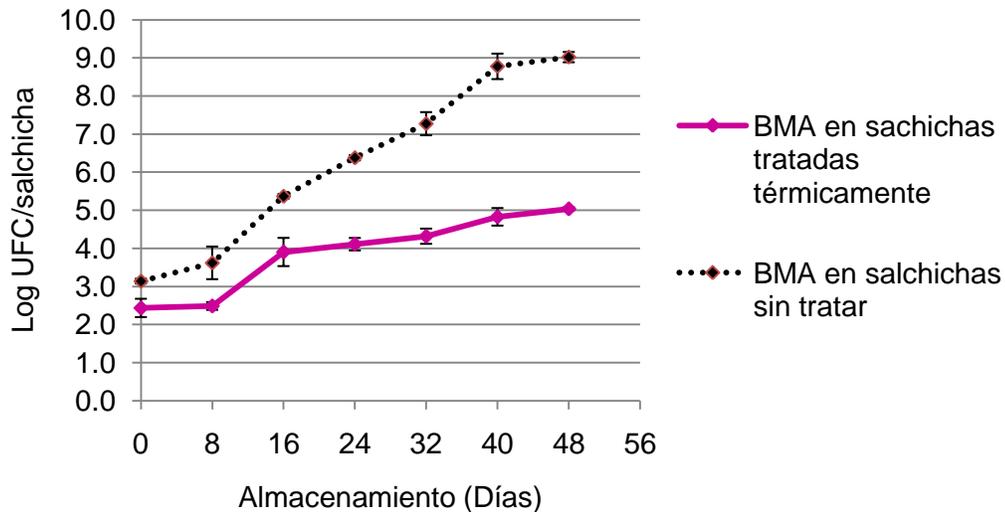
Por lo anterior se concluye que el tratamiento térmico aplicado a las salchichas (70°C/50 min) además de inhibir al microorganismo deteriorador no influye negativamente en la preferencia del producto por el consumidor.

#### **8.4. Efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad de salchichas almacenadas a 7°C**

Estos estudios se realizaron con las condiciones de tiempo y temperatura: 70°C-50 min, el cual se aplicó a salchichas del mismo lote.

Se ha reportado que el crecimiento de bacterias lácticas es favorecido en los empaques al vacío por sus tolerancia a las condiciones de microaerofilia, valores bajos de pH y sales de curado. (Dykes y col., 1996). Por lo que, en este experimento fueron determinadas la cantidad de BMA y BAL como indicador para evaluar la eficiencia del tratamiento aplicado.

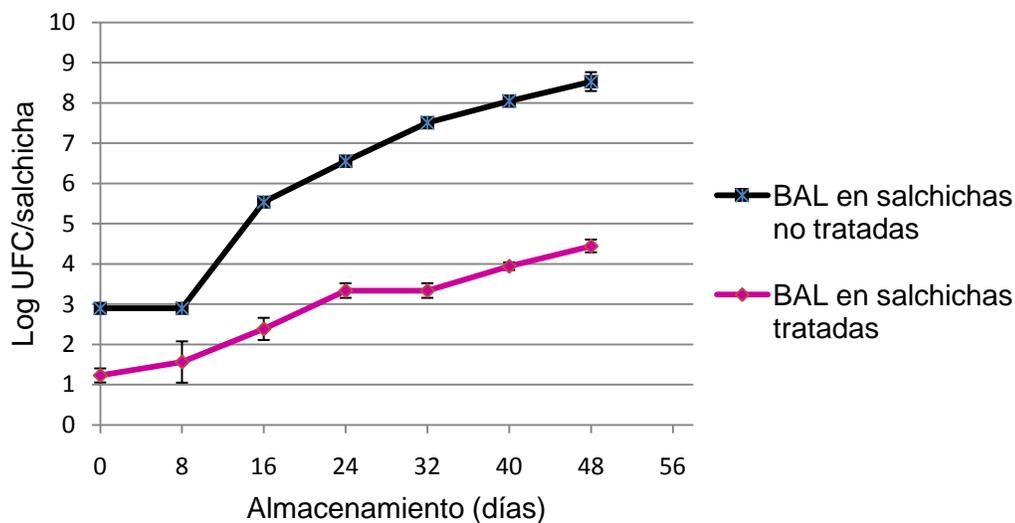
La Figura 20 muestra el comportamiento de BMA en el producto tratado y sin tratar a lo largo del almacenamiento a 7°C, esta temperatura es la recomendada en los puntos de venta. Cuentas iniciales de 2 y 3 Log UFC/salchicha de BMA se observaron en el producto tratado y no tratado respectivamente, estos niveles se encuentran dentro de los límites permitidos por la NOM-122-SSA1-1994, para este tipo de productos (5 Log UFC/gr ).



**Figura 21.** Comportamiento de BMA en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente a los 48 días de almacenamiento a 7°C.

Las BMA en el producto tratado, se incrementaron de 2 hasta 5 Log UFC/salchicha a lo largo del almacenamiento y en el producto que no recibió el tratamiento térmico este grupo se incrementó progresivamente a partir del día 8 de almacenamiento hasta 6 Log UFC/salchicha al terminar el periodo de almacenamiento. Estos resultados concuerdan con algunos reportados en la literatura, Dykes y col. (1996) aplicaron un tratamiento térmico a salchichas tipo Viena, alrededor de los (70°C/30 min) y las almacenaron a 8°C. A los 40 días de almacenamiento hubo cuentas de 6 Log UFC/salchicha de BMA, mientras que en salchichas no tratadas se alcanzó esta cifra a los 15 días de almacenamiento.

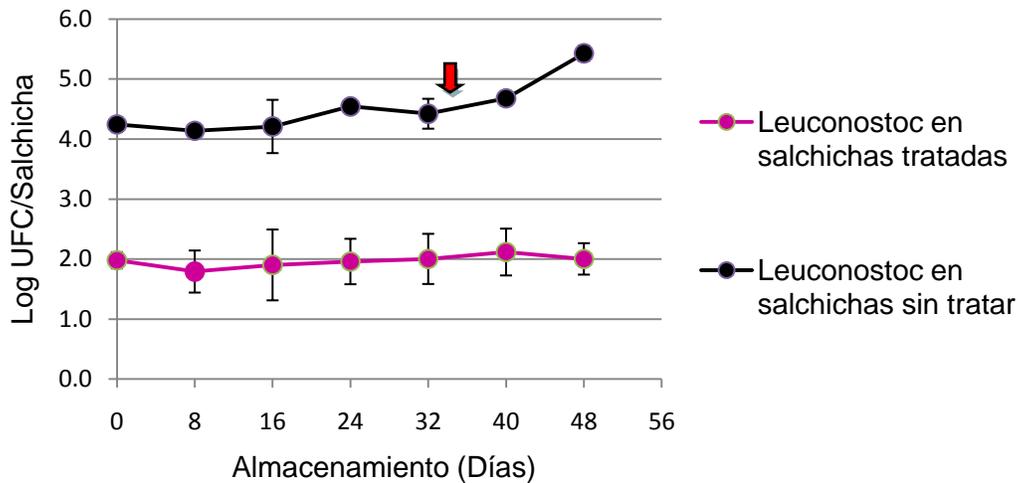
La Figura 22 muestra el cambio en las cuentas de BAL en producto tratado y sin tratar y almacenado a 7°C, donde se ve que las BAL en salchichas que no recibieron el tratamiento térmico aumentaron a partir del día 8 de almacenamiento desde los 3 Log UFC/salchicha y hasta alcanzar niveles de 8.5 Log UFC/salchicha a los 48 días de almacenamiento. En contraste, en las salchichas tratadas las BAL sólo incrementaron 3.5 Log UFC/salchicha a lo largo del almacenamiento a 7°C.



**Figura 23.** Comportamiento de BAL en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente a los 48 días de almacenamiento a 7°C.

Otro grupo de salchichas del mismo lote se inocularon con una alta concentración ( $10^7$  UFC/salchicha) de una mezcla de *Leuconostoc* y se observó su comportamiento a lo largo de 48 días de almacenamiento a 7°C. Además se incluyó en este estudio el comportamiento de este microorganismo en salchichas sin la aplicación del tratamiento térmico, pero partiendo de un inóculo que simulara la contaminación por *Leuconostoc* ( $10^4$  UFC/salchicha) y que además se ha visto que puede producir signos evidentes de deterioro en la salchicha (Cepeda-Márquez y col., 2008).

En la Figura 24 se muestra el comportamiento del microorganismo en salchichas tratadas y sin tratar.



**Figura 24.** Comportamiento de *Leuconostoc* en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente a los 48 días de almacenamiento a 7°C.

Se observa que *Leuconostoc* en salchichas que recibieron el tratamiento térmico se mantuvo alrededor de los 2 Log UFC/salchicha durante el periodo de almacenamiento. En contraste con lo que se observa en los paquetes inoculados con *Leuconostoc* a una concentración de  $10^3$  UFC/salchicha y sin la aplicación del tratamiento térmico, se muestra un incremento del microorganismo de 4 a 5.5 Log UFC/salchicha, durante los 48 días de almacenamiento, con signos evidentes de deterioro a partir del día 35 (flecha roja en la figura).

En un estudio realizado por Nowak y Krysiak (2005), investigaron la microflora predominante en salchichas, almacenaron este producto a diferentes condiciones de temperatura y a 8°C y 20 días de almacenamiento, encontraron niveles de 6.2 Log UFC de BMA/gr y de 6.1 Log UFC de BAL/gr similar a los resultados reportados en producto sin tratar en este experimento. En salchichas con evidente deterioro encontraron que los microorganismos predominantes fueron *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides*, *Lactobacillus fermentum* y *Weisella viridescens*. Existen diversas estrategias para prolongar la vida de anaquel en estos productos, como por ejemplo la incorporación al producto de algunos conservadores.

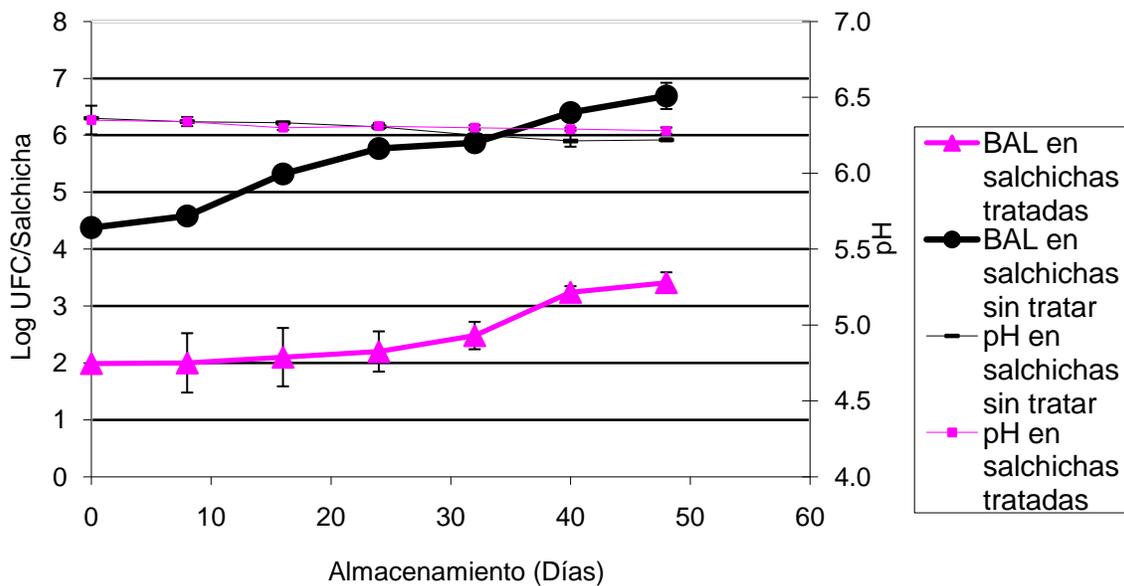
Wang y col. (2000) observaron que en producto tratado con lactato de sodio y almacenado a 10°C, a los 30 días había cuentas de 4 Log UFC de BMA/salchicha y 4.5 Log UFC de BAL/salchicha, teniendo signos evidentes de deterioro a los 32 días de almacenamiento y encontraron cuentas de *Leuconostoc* de 5 Log UFC/salchicha a los 10 días de almacenamiento a 10°C. En este estudio se ve que los productos tratados térmicamente, los signos de deterioro no se presentaron en los 48 días de almacenamiento a 7°C y las cuentas al final del periodo de BAL fueron alrededor de los 4 Log UFC/salchicha, mientras que *Leuconostoc* se mantuvo alrededor de los 2 Log UFC/salchicha a lo largo del almacenamiento, por lo que la aplicación de este tratamiento permite mantener el producto estable por 48 días a una temperatura de 7°C.

#### **8.4. Determinación de pH**

Los cambios en el pH de las salchichas tratadas y no tratadas térmicamente y relacionadas con la cantidad de BAL presentes se muestran en la Figura 25.

En el producto que fue inoculado con el microorganismo y tratado térmicamente, el pH decreció de 6.3 a 6.2 con una cuenta final a los 48 días de almacenamiento de BAL de 3.5 Log UFC/salchicha; por otro lado, el producto que no fue tratado térmicamente el pH decreció de 6.3 a 5.9 y con un nivel final de BAL a los 48 días de almacenamiento de casi 7 Log UFC/salchicha.

Korkeala y col. (1990) investigaron los cambios en el pH en embutidos cocidos empacados al vacío en función del número de BAL presentes y encontraron una marcada disminución en el pH de 6.3 a 5.4 con niveles superiores a 7 Log UFC/gr, similar a lo reportado en este estudio.



**Figura 26.** Cambios en el pH en salchichas tratadas y no tratadas térmicamente en función de BAL presentes a lo largo del almacenamiento a 7°C.

Dykes y col. (1996) investigaron el efecto de dos diferentes tratamientos en salchichas tipo Viena sobre la vida útil de éstas, uno de ellos era aplicando calor al producto después del envasado y el otro tratamiento consistió en la aplicación de ácidos orgánicos, al medir el pH observaron que en muestras tratadas térmicamente no había un notable decremento y tuvieron una vida útil de 50 días, sin embargo en muestras únicamente tratadas con ácidos orgánicos notaron que el pH decreció de 6.2 a 4.9 y la vida útil de estos productos sólo fue de 15 días por lo que el tratamiento térmico que aplicaron (70°C/30 min) prolongó la vida de anaquel de las salchichas. Afirman que en estudios previos se demostró la capacidad de algunas bacterias lácticas como *Leuconostoc* y *Lactobacillus* para tolerar pH bajos y ciertos ácidos, lo que podría explicar por qué la alternativa de aplicar únicamente ácidos orgánicos para prolongar la vida de anaquel en estos productos cárnicos no es tan efectiva.

## IX. CONCLUSIONES

La temperatura durante el tratamiento térmico fue el factor que más influyó sobre la reducción de la mezcla de cepas de *Leuconostoc*. La aplicación de 70°C/50 min en salchichas empacadas al vacío redujo 4 Log UFC/salchicha de *L. mesenteroides* y *L. lactis*.

El análisis de perfil de textura mostró que los parámetros de dureza, masticabilidad, y gomosidad fueron los más afectados por la aplicación del tratamiento térmico. Las salchichas tratadas térmicamente tendieron a mostrar niveles superiores en estos parámetros que las salchichas sin tratar.

Las propiedades mecánicas y las imágenes por microscopia de las salchichas se vieron favorecidas cuando se expusieron a 70°C/ 30 y 50 min.

La evaluación sensorial de salchichas tratadas a 70°C/50 min con un panel entrenado mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto al alimento no tratado.

La evaluación realizada por consumidores mostró que la aplicación de 70°C/50 min no modifica el agrado general del alimento ni tampoco la percepción de los atributos de textura.

La aplicación del tratamiento a 70°C/50 min no modifica significativamente las características de textura y sensoriales del producto y mantiene su estabilidad en refrigeración por al menos seis semanas.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, W. y Sánchez, I. 2010. Análisis sensorial en carne y sus productos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23:24-34.
- Anzaldúa, A. 1994. *La Evaluación de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. 1ra. edición. Edit. Acribia. Zaragoza, España. p. 198.
- Andrés, S., Zaritzky, N. and Califano, A. 2006. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and color characteristics of chicken sausages. *Journal Food Science and Technology* 41:954-961.
- Ayo, J., Carballo, J., Solas. M.T., and Jiménez, F. 2008. Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. *Journal Food Chemistry* 107: 1547-1562.
- Barbut, S. and Mitall, G.S. 1990. Effect of heating rate on meat batter stability, texture and gelation. *Journal Food Science* 55:334-337.
- Björkroth, K.J., Vandamme, P. and Korkeala, H.J. 1998. Identification and characterization of *Leuconostoc carnosum*, associated with production and spoilage of vacuum-packaged, sliced, cooked ham. *Applied and Environmental Microbiology* 64:3313-3319.
- Bourne, M. C. 1982. *Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement*. Academic Press, New York, USA.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*. 32:62-66.
- Borch, E., Kant-Muermans, M.L. and Blixt, Y. 1996. Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *Journal Food Microbiology*. 33:103–120.
- Borchert, L.L., Greaser, M.L., Bard, J.C., Cassens, R.G., and Briskey, E.J. 1967. Electron microscopy of a meat emulsion. *Journal Food Science*. 32:419-421.

- Brandt, M., Skinner, E., Coleman, J. 1963. Texture profile method. *Journal Food Science* 29:404-409.
- Buchanan, R. L. 1986. Processed meats as a microbial environment. *Journal Food Technology* 40:134-139.
- Byrne, D.V., Sullivan, M., Dijksterhuis, G.B., Bredie, W. and Martens, M. 2001. Sensory panel consistency during development a vocabulary for warmed-over flavour. *Food Quality Preference* 12:171-187.
- Carduza, F. y Grigioni, G.M. 2000. Evaluación organoléptica de calidad en cárnicos. *Revista del Instituto Nacional de Tecnología de Alimentos. Buenos Aires, Argentina.* 2:145-150.
- Cassens. R.G., Schmidt, R., Terrell, R., Borchert, L.1997. Microscopic Structure of Commercial Sausages. *Journal Food Science.* 40:1097-1098.
- Cepeda-Márquez, L., Ramirez-Barrera G., Arvizu-Medrano, S.M., Fernandez-Escartín, E. 2008. Reservorios de *Leuconostoc* en una planta procesadora de salchichas. Congreso Internacional de Inocuidad Alimentaria 2008. Memorias del congreso, sección D.
- Chen, Y., Liao, M.L., Boger, D.V. and Dunstan, D.E. 2001. Rheological characterization of  $\kappa$ -carrageenan/locust bean gum mixtures. *Carbohydrate Polymers* 46:117-124.
- Civille, G.V. 1978. Case studies demonstrating the role of sensory evaluation in product developments. *Journal Food Technology* 32:41-59.
- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Mesoamerican Journal of Agronomy* 15: 225-243.
- Comer, F.W. and Dempster, S. 1981. Functionality of fillers and meat ingredients in comminuted meat products. *Journal Food Science* 14:295-303.

- Comisión del Codex Alimentarius. 1995. *Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para los Alimentos Precocinados y Cocinados Utilizados en los Servicios de Comidas para Colectividades (CAC/RCP-39-1993)*. Volumen 1B del Codex Alimentarius. FAO/OMS, Roma.
- Correia, L.R. and Mitall, G.S. 1991. Kinetics of pH and color of meat emulsions containing various fillers during smokehouse cooking. *Meat Science* 29:353-364.
- Correia, L.R., Mitall, G.S., Usborne, W.R. and Deman, J.M. 1991. Kinetics of texture change during smokehouse cooking of meat emulsions containing various fillers. *Journal Food Engineering*. 13:27-56.
- Costell, E. Apuntes: Evaluación sensorial de la textura de los alimentos Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Laboratorio de Propiedades Físicas y Sensoriales .Departamento de Conservación y Calidad de Alimentos. Recuperado en Julio de 2010. Disponible en [http://www.percepnet.com/perc03\\_02.htm](http://www.percepnet.com/perc03_02.htm).
- Costell, E. y Durán, L. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. *Revista Agroquímica y Tecnología Alimentaria* 21:1-10
- Daros, F., Amico, S., and Masson, M.L. 2005. A methodology for the evaluation and mechanical properties of sausage base on tensile and compression test. *Journal Food Engineering* 1:20-27.
- Dong-Sun, X. and Holley, R.A. 2010. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. *Reviews in Food Science and Food Safety* 10: 32-51.
- Dykes, G.A., Marshall, L.A., Meissner, D., Von Holy, A. 1996. Acid treatment and pasteurization affect the shelf life and spoilage ecology of vacuum-packaged Vienna sausages. *Journal Food Microbiology* 13:69-74.

- Eim, V. S., Simal, S., Rossello, C. and Femenia, A. 2008. Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage. *Meat Science* 80:173–182.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO 1996. La utilización de los principios de análisis de riesgos y de los puntos críticos de control en el control de los alimentos. *Estudio FAO Alimentación y Nutrición* 58:1-9.
- Flores, E., Burciaga, A., Soriano, T., Alonso N. y Ramírez, B. 2000. Uso de fibra de avena y trigo en salchicha Viena evaluando nivel de agrado y perfil de textura. *Revista de Salud Pública y Nutrición de la Universidad Autónoma de Nuevo León* 3:137-144.
- Franz, C.M.A.P. and Von-Holy, A. 1996a. Bacterial populations associated with pasteurized vacuum-packed Vienna sausages. *Journal Food Microbiology* 13: 165-174.
- Franz, C.M.A.P. and Von-Holy, A. 1996b. Thermotolerance of meat spoilage lactic acid bacteria and their inactivation in vacuum-packaged Vienna sausages. *Journal Food Microbiology*. 29, 59-73.
- Fernández-Escartín, E. 2009. *Microbiología e Inocuidad de los Alimentos*. 2da. edición. Universidad Autónoma de Querétaro p. 58-80.
- Food Production Daily. Recuperado en Junio de 2010. Y disponible en: [www.foodproductiondaily.com](http://www.foodproductiondaily.com)
- Grossi, A., Soltoft-Jensen, J., Knudsen, J.C., Orlie, V. 2011. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages. *Meat Science* 89:195-201.
- Han-Jun, M., Ledward, D.A. 2004. Thermal treatment effects on the texture of beef muscle. *Meat Science* 68:347-355.

- Helmer, R.L., and Saffle, R.L. 1963. Effect of chopping temperature on the stability of sausage emulsions. *Journal Food Technology* 17:1195-1197.
- Herbert, S. y Joel, I. 2004. *Sensory Evaluation Practices*. 2da. edición. Academic Press, Inc. p. 213-220.
- Herranza, B., Hoza, L., Hierro, E., Fernández, M., Ordoñez, J. (2005) Improvement of the sensory properties of dry-fermented sausages by the addition of free amino acids. *Food Chemistry* 91:673–682.
- Herrero, A.M. y Romero de Avila, R.D. 2006. Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas. Artículos de revisión. *Revista Médica de la Universidad de Navarra, España* 50:71-74.
- Hleap, J.I. y Velasco, V.A. 2000. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*). *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, Colombia*. 8:46-46.
- Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers, E., Méndez-Gallardo, I., Rangel-Alves, L. 2006. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference* 17:522-526.
- Huang, M., Moreira, R.G., Murano, E. 2000. High quality and safe fresh pork sausage. *Journal of Food Processing Preservation* 23:265-288
- Ibañez, F.C., Loygorri, A. y Ordoñez, P. 1998. Evaluación instrumental y sensorial de la textura en quesos de oveja con Denominación de Origen. *Revista Agroquímica y Tecnología Alimentaria* 292: 49 – 53.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI 2008. Boletín de Información Oportuna del Sector Alimentario. Recuperado en Junio de 2010. Disponible en <http://www.inegi.gob.mx/prods/contenido/bvinegi/integracion/sectorial/>. pdf

- Johnson, L. and Vickers, Z. 1987. Avoiding the centering bias or range effect when determining an optimum level of sweetness in lemonade. *Journal Sensory Studies*. 2:283-292.
- Kälviäinen N. 2002. Texture modifications in semisolid and solid foods: sensory characterization and acceptance in different age groups. *Journal of Texture Studies* 31:593-607
- Korkeala, H., J. Alanko, P. Makela & S. Lindroth. 1990. Lactic acid and pH as indicators of spoilage for vacuum-packed cooked ring sausages. *Journal Food Microbiology*. 10:245–253.
- Korkeala, H., Björkroth, K. J., P. Vandamme. 1998. Identification and Characterization of *Leuconostoc carnosum*, Associated with Production and Spoilage of Vacuum-Packaged, Sliced, Cooked Ham. *Applied And Environmental Microbiology* 64:3313–3319.
- Larmond, E. 1976. *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food*. Canada Department of Agriculture. Publicación: 1287.
- Lawless, H.T. 1994. Getting results you can trust from sensory evaluation. *Cereal Foods World* 39:809-814
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, J. 2004. *Brock. Biology of Microorganisms*. 1a. edición. Prentice Hall. p. 205-210.
- Martín-Juárez, B., 2005. Tesis de doctorado. Estudios de las Comunidades Microbianas de Embutidos Fermentados Ligeramente Acidificados Mediante Técnicas Moleculares. Universidad de Girona, España. p. 58-61.
- Medina-Torres, L. 2005. Tesis doctoral: Estudio reológico del mucílago de nopal y su efecto sinérgico con otros hidrocoloides de uso alimenticio. Universidad Nacional Autónoma de México. p 101-120.

- Medina-Torres, L., Brito-De la Fuente, E., Gómez, C.A., Aragón, A., Toro, J.F. 2006. Structural characteristics of gels formed by mixtures of carrageenan and mucilage gum from *Opuntia ficus indica*. Carbohydrate Polymers 63:299-309.
- Medina-Torres, L., Brito-De la Fuente, E., Torrestiana-Sánchez, B. y Alonso, A. 2003. Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficus indica*) and carrageenans. Carbohydrate Polymers 52:143-150.
- Mittal, G.S. 2004. Structural changes in meat emulsions during cooking at various process conditions and formulations. Journal Food Science and Technology 47:954-959.
- Molinar, P.J. 1995. A model for overall description of food quality. Food Quality and Preference 6:185-190.
- Moskowitz, H.R. 1993. Sensory analysis procedures and viewpoints: Intellectual history, current debates, future outlooks. Journal Sensorial Studies 8:241-256.
- Muñoz, A. and Civille, G. 1998. Universal, product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. Journal Sensorial Studies 13:57-75.
- Muriana, P.M., Quimby, W., Davidson, C.A., Grooms, J. 2000. Postpackage Pasteurization of Ready-to-Eat Deli Meats by submersion heating for reduction of *Listeria monocytogenes*. Journal Food Protection 65:963-969.
- Murphy, R.Y., Berrang, M.E. 2006. Effect of Steam- and Hot-Water Post-Process Pasteurization on Microbial and Physical Property Measures of Fully Cooked Vacuum- Packaged Chicken Breast Strips. Journal Food Science. 67: 2325-2329.

- Murphy, R.Y., Duncan, L.K., Beard B.L. , Driscoll, K.H. 2003. D and z Values of *Salmonella*, *Listeria innocua*, and *Listeria monocytogenes* in Fully Cooked Poultry Products. *Journal Food Science* 68:33 – 46.
- Murphy, R.Y., Hanson, R.E., Duncan, L.K. 2005. Considerations for post-lethality treatments to reduce *Listeria monocytogenes* from fully cooked bologna using ambient and pressurized steam. *Journal Food Microbiology* 22: 359–365.
- NMX-F-065-1984. Norma Mexicana de Observación Voluntaria. Alimentos. Salchichas. Especificaciones. Dirección general de Normas.
- NOM-002-SCFI-1993. Norma Oficial Mexicana. Productos pre-ensados contenido neto tolerancias y métodos de verificación.
- NOM-051-SCFI-1994. Norma Oficial Mexicana. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre-ensados.
- NOM-122-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias.
- NOM-213-SSA1-2002. Norma Oficial Mexicana. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Nowak, A., Krysiak, E. 2005. Predominant microflora of vacuum-packed frankfurtes. *Journal Food and Nutrition Sciences* 14:91-94.
- Nychas, G-J., Skandamis, P.N., Tassou, C.C. and Koutsoumanis, K.P. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat Science*. 78:77-89
- Peñas-Hernández, M. 2007. Tesis de doctorado. Estudio del efecto de la temperatura de cocción en la calidad nutricional y la textura en producto cárnicos esterilizados. Universidad Politécnica de Cataluña, España. p. 78-89.

- Pérez-Chabela, M.L., Totosau, A., Guerrero, I. 2006. Evaluation of thermotolerant capacity of lactic acid bacteria isolated from commercial sausages and the effects of their addition on the quality of cooked sausages. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de los Alimentos 2:135-141.
- Pexara, E., Metaxopoulos, J., Eleftherios H., Drosinos, E. 2002. Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages 'piroski' stored under vacuum and modified atmospheres at 4 and 10 °C. *Meat Science* 62:33–43.
- Procuraduría Federal del Consumidor. PROFECO 2007. Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor, *Revista de protección al consumidor*. Recuperado en Junio de 2010. Disponible en [www.profeco.gob.mx](http://www.profeco.gob.mx) y en [http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est\\_07/salchicha\\_ene07.pdf](http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_07/salchicha_ene07.pdf)
- Publicaciones técnicas 2000. Énfasis alimentación latinoamericana. Recuperado en Junio de 2010. Y disponible también en <http://www.alimentacion.enfasis.com/contenidos/carnicos.html>
- Revista Carnepress (2009). Desarrollo de mercados, investigación e innovación tecnológica. Mundo lácteo y cárnico. Recuperado en Junio de 2010. Disponible en [www.carnepress.com](http://www.carnepress.com). y en [http://www.carnepress.com/apadmin/img/MLC005\\_emulcarnicaWSF.pdf](http://www.carnepress.com/apadmin/img/MLC005_emulcarnicaWSF.pdf).
- Rodríguez-Sandoval, E., Fernández, A., Ayala, A., 2005. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Revista de Ingeniería e investigación*. Universidad Nacional de Colombia 25:72-78.
- Rosenthal, A.J. 1999. *Food Texture, Measurements and Perception*. 2da edición. Edit. Aspen Publisher, INC. Maryland, USA. p.1-17
- Sofos, J.N. 1993. Current microbiological considerations in food preservation. Mini-review. *Journal Food Microbiology* 19:87-108.

- Steffe, J. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Editorial Freeman Press. p. 1-10.
- Szczesniak, A.S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. 13:215 – 225.
- Taylor, R.G. and Goll, D.E. 1995. Enzyme localization during postmortem muscle tenderization. *Meat Science* 7:347-358.
- Thomas, R., Anjaneyulu A.S.R., Kondaiah N. 2010. Effect of post package reheating on the quality of hurdle treated pork sausages at ambient Temperature ( $37 \pm 1^\circ\text{C}$ ) storage. *Journal Muscle Foods* 21:31-50.
- Tsai, S-J., Unklesbay, N. and Clarke, A. 1997. Textural properties of restructured beef products with five binders at four isothermal temperatures. *Journal Food Science* 65:397-410.
- Van Hekken, D., Drake, M.A., Tunick, M.H., Guerrero, V. F., Molina-Corral, F.J., Gardea, A. 2008. Effect of pasteurization and season on the sensorial and rheological traits of Mexican Chihuahua cheese. *Dairy Science Technology* 88:525-536.
- Van-Trijp, H.C.M. and Schifferstein, H. 1995. Sensory analysis in marketing practice: comparison and integration. *Journal Sensory Studies* 10:127-147.
- Villalobos, L.H., Nuñez, F.A., Alarcón J.A. y Ortega, J.A. 2005. Evaluación sensorial de salchichas elaboradas con surimi de corazón de cerdo. *Revista de Salud Pública y Nutrición de la Universidad Autónoma de Nuevo León* 3:1-7.
- Von-Holy, A., W. H. Holzapfel., G. A. Dykes. (1992). Bacterial populations associated with Vienna sausage packaging. *Journal Food Microbiology* 9:45-53.

- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Vandekinderen, I., U., Rajtak, J. 2006. The sensory acceptability of cooked meat products treated with a protective culture depends on glucose content and buffering capacity: A case study with *Lactobacillus sakei*. *Meat Science* 76: 532-545.
- Wang, F-S., 2000. Effects of three preservative agents on the shelf life of vacuum packaged Chinese style sausage stored at 10°C. *Meat Science* 56:67-71.
- Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. and Elías, L.G. 1992. Basic Sensory Methods for Food Evaluation. International Development Research Centre. p. 8-140.
- Wilkinson, C., Dijksterhuis, G. B. and Minekus, M. 2000. From food structure to texture. *Trends in Food Science and Technology* 11, 442-450.
- Witting-Penna, E. 2005. *Evaluación Sensorial: Una Metodología Actual para Tecnología de Alimentos*. 2da edición. Edit. McGraw-Hill Book. New York, USA. p. 120-122.

## APÉNDICE I

Los descriptores: es la terminología que genera el grupo de jueces para definir-describir la sensación percibida, a partir de las características de textura que a continuación se enlistan:

1. Características mecánicas: relativo a la reacción del alimento ante el esfuerzo. Se subdivide en los siguientes parámetros:

a. Primarios: por ejemplo la dureza, cohesión, viscosidad, reconstrucción y adhesividad.

b. Secundarios: por ejemplo quebradizo, gomoso, correoso.

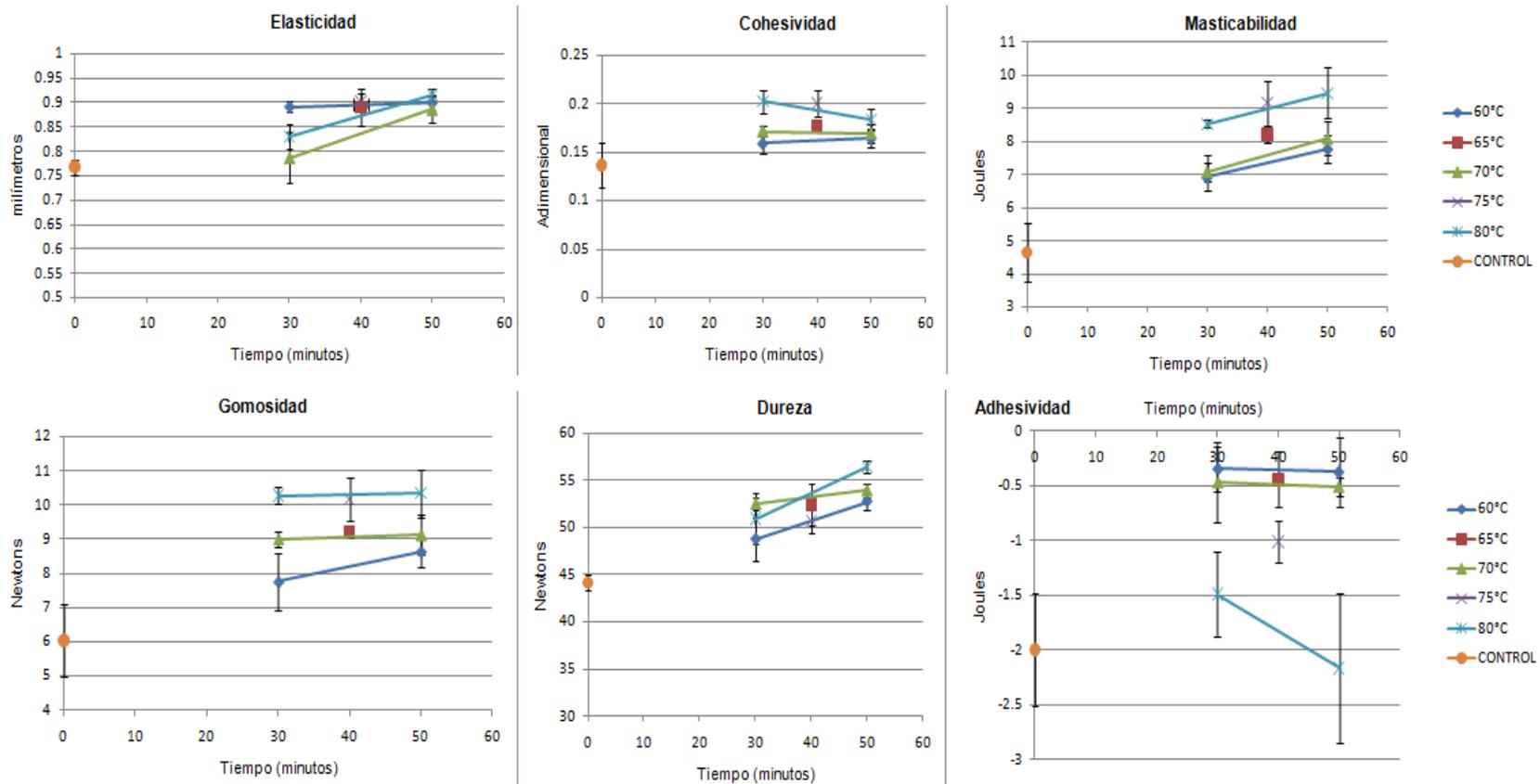
2. Características geométricas: relativo a la percepción de la forma del alimento. Se subdivide en dos parámetros:

a. Aquellas relacionadas con el tamaño y la forma de las partículas, como arenoso y granuloso.

b. Aquellas relacionadas con la forma y la orientación, tal como fibroso y hojueloso.

3. Otras características: relativo a la sensación que provoca la presencia de la humedad (no sólo como la cantidad de agua presente en el alimento, sino también la velocidad y la forma de absorción o liberación de humedad) y de lípidos (cantidad y tipo de aceite o grasa).

1. Características de textura que se consideran en pruebas sensoriales de perfil de textura.



2. Parámetros del análisis de perfil de textura de las salchichas tratadas a 60°C-80°C por 30-50 min.

EVALUACIÓN SENSORIAL

Producto: Salchicha

Edad: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

¿Te gusta consumir salchichas? SI \_\_\_ NO \_\_\_ Marca que consumes \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: A continuación se muestran 2 escalas, con la ESCALA DE NIVEL DE AGRADO GENERAL contesta la 1ª pregunta de cada muestra según el número que elijas. Con la ESCALA DE EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS, contesta las preguntas de la 2 a la 6 para cada muestra.

° ESCALA # 1 NIVEL DE AGRADO GENERAL

Me gusta muchísimo 1	Me gusta bastante 2	Me gusta ligeramente 3	Ni me gusta ni me disgusta 4	Me disgusta ligeramente 5	Me disgusta bastante 6	Me disgusta muchísimo 7
----------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------	-------------------------------

° ESCALA # 2 EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS

1 Exageradamente menos de lo que me gusta	2 Mucho menos de lo que me gusta	3 Menos de lo que me gusta	4 JUSTO lo que me gusta	5 Más de lo que me gusta	6 Mucho más de lo que me gusta	7 Exageradamente más de lo que me gusta
----------------------------------------------------	-------------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------------------------

1 MUESTRA \_\_\_\_\_

1. La opinión en general sobre el producto que acabas de probar es: \_\_\_\_\_ (ESCALA #1)
2. Dureza a la primera mordida..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)
3. Dureza durante la masticación..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)
4. Sequedad del alimento..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)
5. Chiclosos o pastosos..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)
6. Sabor..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)

Favor eliminar sabores entre cada muestra con agua.

2 MUESTRA \_\_\_\_\_

1. La opinión en general sobre el producto que acabas de probar es: \_\_\_\_\_ (ESCALA #1)
2. Dureza a la primera mordida..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)
3. Dureza durante la masticación..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)
4. Sequedad del alimento..... \_\_\_\_\_ (ESCALA # 2)

5. Chicloso o pastoso..... (ESCALA # 2)

6. Sabor..... (ESCALA # 2)

**3 MUESTRA** \_\_\_\_\_

1. La opinión en general sobre el producto que acabas de probar es: \_\_\_\_\_ (ESCALA #1)

2. Dureza a la primera mordida..... (ESCALA # 2)

3. Dureza durante la masticación..... (ESCALA # 2)

4. Sequedad del alimento..... (ESCALA # 2)

5. Chicloso o pastoso..... (ESCALA # 2)

6. Sabor..... (ESCALA # 2)

**4 MUESTRA** \_\_\_\_\_

1. La opinión en general sobre el producto que acabas de probar es: \_\_\_\_\_ (ESCALA #1)

2. Dureza a la primera mordida..... (ESCALA # 2)

3. Dureza durante la masticación..... (ESCALA # 2)

4. Sequedad del alimento..... (ESCALA # 2)

5. Chicloso o pastoso..... (ESCALA # 2)

6. Sabor..... (ESCALA # 2)

° Por último, ordena las 4 muestras según tu nivel de agrado (coloca el código en la línea):

1- \_\_\_\_\_ La que más te gustó

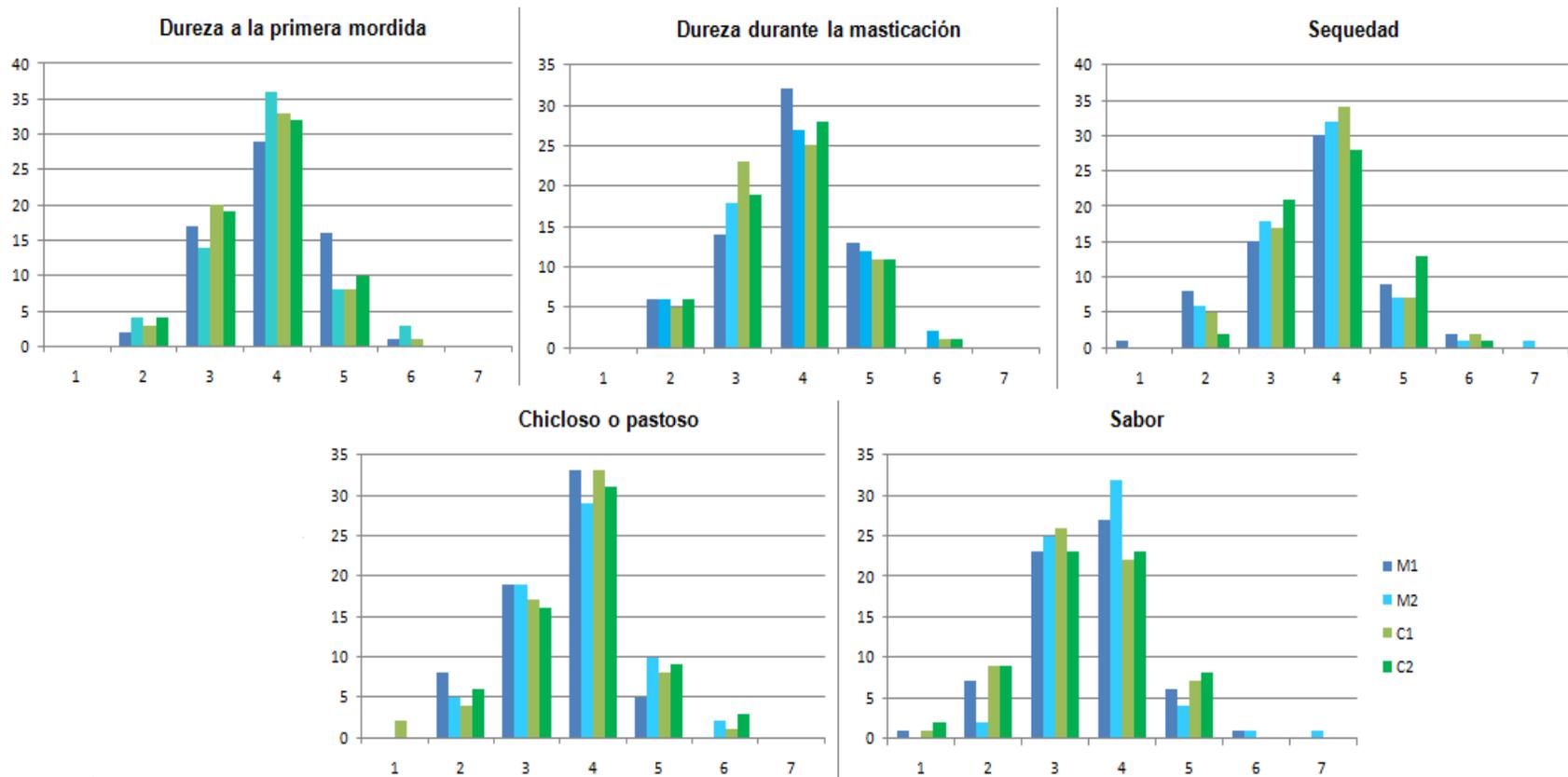
2- \_\_\_\_\_

3- \_\_\_\_\_

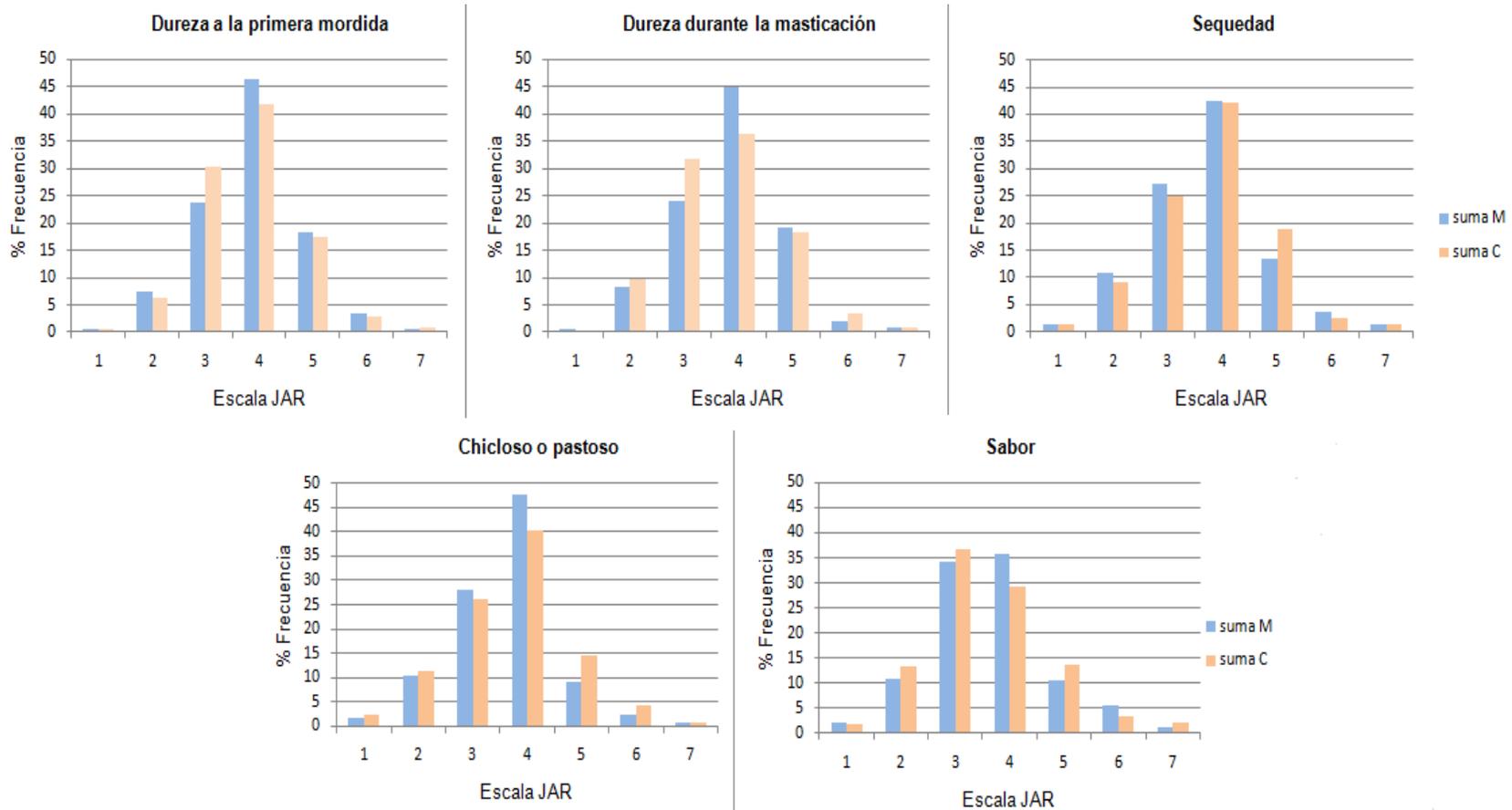
4- \_\_\_\_\_ La que menos te gustó

**MUCHAS GRACIAS!!**

3. Formato del cuestionario aplicado a los 120 consumidores.



4. Distribución de las frecuencias de las calificaciones de los atributos de textura de las salchichas tratadas térmicamente evaluadas por 65 consumidores, mediante una escala JAR de 7 puntos.



5. Distribución de las frecuencias de las calificaciones de los atributos de textura de las salchichas tratadas y sin tratar térmicamente mediante una escala JAR de 7 puntos, considerando 240 observaciones.