



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**“EFECTOS DE LA ADICIÓN DE CULTIVOS INICIADORES EN
EL PERFIL DE TEXTURA DE EMBUTIDOS CÁRNICOS
MADURADOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A

LUIS ALBERTO VELASCO PÉREZ

ASESORA:

Dra. Adriana Llorente Bousquets



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE



ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
 Jefa del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Efectos de la adición de cultivos iniciadores en el perfil de textura de embutidos cárnicos madurados.

Que presenta el pasante Luis Alberto Velasco Pérez

Con número de cuenta: 098335930 para obtener el título de:

Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlan Izcalli, Mex. a 2 de marzo de 2011

PRESIDENTE	Dra. Adriana Llorente Bousquets
VOCAL	IA. Sandra Margarita Rueda Enríquez
SECRETARIO	MC. María Guadalupe Amaya León
1er SUPLENTE	IA. Miriam Alvarez Velasco
2º SUPLENTE	IA. Ana María Sabina de la Cruz Javier

Adriana Llorente Bousquets
Sandra Margarita Rueda Enríquez
MC. María Guadalupe Amaya León
Miriam Alvarez Velasco
Ana María Sabina de la Cruz Javier

**El presente Trabajo de Tesis de Investigación fue desarrollado en el
Laboratorio 7 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria
UIM de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán FESC-
UNAM**

**Recibió apoyo del Proyecto 7.5.4: “ELABORACIÓN DE
ALIMENTOS A TRAVÉS DE PROCESOS MICROBIANOS”**

**De la Línea 5 del MACROPROYECTO 7 de la UNAM:
“PRODUCTIVIDAD SOSTENIBLE DE LOS HATOS DE
CRÍA EN PASTOREO”**

**Y del PROYECTO DGAPA-PAPIIT IT 202312: “ESTRATEGIAS
DE BIOCONSERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA
CARNE Y SUS PRODUCTOS”**

DEDICATORIAS

Esta tesis la dedico con todo mi amor y cariño

A ti DIOS que me diste la oportunidad de vivir y darme la oportunidad de tener una familia maravillosa.

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Que a pesar de las adversidades han luchado siempre, gracias a ustedes tuve la oportunidad de estudiar esta carrera que me ha permitido obtener tantos logros, a ti padre a pesar de que has estado distante siempre has sido un hombre ejemplar, que quizá no compartimos muchos momentos juntos sé que este momento es tan especial para ti como lo es para mí, a ti mamá que me has demostrado la fortaleza tan grande de una mujer, gracias por tu cariño y apoyo incondicional, los amo y los quiero con todo mi corazón, este trabajo me llevo años hacerlo y es una forma de devolver parte de lo que ustedes me han dado a lo largo de estos años.

A ti chaparrita hermosa que llegaste en momentos difíciles de mi vida que has sido testigo y gran apoyo durante algunas etapas del desarrollo de este trabajo, gracias por darme ánimos a seguir continuando.

A mis hermanas Karina, Alma por estar conmigo y por su apoyo incondicional y a mis sobrinos Kenneth y Diana, que esto sea un motivo de inspiración para ustedes.

A usted doctora por su paciencia, apoyo, y por sus palabras tan sabias, que me motivaron en momentos difíciles pero que fueron inspiración a continuar y a finalizar este ciclo.

La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y algo que esperar. Thomas Chalmers.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas para desarrollarme profesionalmente y personalmente.

A la Dra. Adriana Llorente Bousquets por permitirme formar parte de su equipo de trabajo, por su apoyo incondicional y por sus palabras en momentos difíciles, por ser mi maestra y amiga durante el desarrollo de este proyecto que me permitió aprender cada día cosas nuevas.

Al equipo de trabajo del laboratorio “7” de Bioconservación de Productos Cárnicos de la UIM FESC C-4; M. A. Jorge López Pérez, M. C. Jorge Rico Pérez, por permitirme aprender de ustedes y por las valiosas aportaciones a este proyecto.

A la Dra. Alma Virginia Lara Sagahón, por todo su apoyo en el Diseño Experimental y en el Análisis Estadístico de los Resultados obtenidos.

Al personal del Taller de Carnes de la FESC C-4 I.A. Alicia Pérez Morales, M.V.Z Andrés Cardona Lieja, por permitirme el acceso a las instalaciones, por el apoyo en material, instrumentos y equipos de proceso para el acondicionamiento y procesamiento de las materias primas cárnicas.

Al laboratorio de desarrollos de la Universidad Iberoamericana campus Santa Fe, por abrirme las puertas y permitirme realizar parte de mi experimentación.

Al I.A. Zósimo Guerrero Cancino por el apoyo en la formulación del producto y porque siempre nos sacó de apuros.

A mis amigos (Cows) de la FESC C-1 Jacob, Jimena, Tamara, Toño, Isaac, Paco (Totoloooooooooooo), Karla, Marcela y Karina, por darme su amistad y por ser testigo de muchos momentos felices y tristes durante la universidad. Y claro que no pueden faltar mis amigos Tania, Tere, Luis (oso) y claro tu parejota Víctor que también me brindaron su sincera amistad.

A los profesores que integran el jurado de esta Tesis por sus valiosas aportaciones para mejorar este trabajo:

Dra. Adriana Llorente Bousquets

IA. Sandra Margarita Rueda Enríquez

M. en C. Maria Guadalupe Amaya León

IA. Miriam Álvarez Velasco

IA. Ana Maria Sabina de la Cruz Javier

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ABREVIATURAS.....	6
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO.....	9
1.1. Producción de carne de bovino en México.....	10
1.1.1 Ganado Bovino	10
1.1.2 Engorde de Ganado Bovino.....	12
1.1.3 Sistemas de pastoreo.....	13
1.1.4 Calidad de la carne de bovinos en pastoreo.....	13
1.2. Generalidades de la carne.....	14
1.2.1. Estructura y Composición.....	15
1.2.2. Cambios bioquímicos durante la transformación de músculo en carne.	17
1.2.3. <i>Ante-mortem</i>	17
1.2.4. <i>Post-mortem</i>	18
1.2.4.1. pH.....	18
1.2.4.2. <i>Rigor mortis</i>	19
1.3. Propiedades de la carne.....	20
1.3.1. Proteínas musculares y funcionalidad.....	21
1.3.2. Cambios proteicos durante el proceso de maduración.....	23
1.3.3. Características e hidrofobicidad de los aminoácidos.....	23
1.3.4. Capacidad de retención de agua.....	24
1.3.5. Textura y palatabilidad de la carne.....	25
1.3.5.1. Terneza.....	25
1.3.5.2. Jugosidad.....	26
1.3.6. Color.....	26
1.3.7. Microbiota de la carne.....	28
1.3.7.1. Organismos involucrados en el deterioro de la carne.....	29
1.4. Embutidos.....	30
1.4.1. Clasificación de los productos cárnicos procesados.....	30
1.4.2. Elaboración de embutidos cárnicos madurados.....	30
1.4.2.1. Salami.....	31
1.4.3. Uso de Bacterias Acido Lácticas (BAL) como cultivos iniciadores...	32
1.4.3.1. <i>Pediococcus acidilactici</i>	34
1.4.3.2. <i>Lactobacillus plantarum</i>	35
1.4.4. Beneficios tecnológicos.....	35
1.4.5. Calidad de los embutidos madurados.....	36
1.4.6. Análisis de perfil de textura TPA.....	36
1.4.7. Color.....	39
1.4.8. Actividad de agua (a_w).....	40

JUSTIFICACION.....	42
HIPÓTESIS.....	43
OBJETIVOS.....	44
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	45
2.1 Preparación del inóculos.....	48
2.2. Elaboración de modelos experimentales (salamis).....	49
2.3 Acondicionamiento de las materias primas	50
2.4 Análisis realizados.....	54
5.1. Medición de la actividad de agua (a_w).....	54
5.2. Medición de color.....	55
5.3. Medición de textura.....	55
2.4.3.1 Procedimiento.....	56
CAPITULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
3.1 Análisis estadístico.....	59
3.2 Análisis de perfil de textura.....	59
3.3 Actividad de agua.....	77
3.4 Color.....	82
CONCLUSIONES.....	86
LITERATURA CITADA.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de las piezas típicas de vacuno.....	14
Tabla 2 Composición Química de la Carne.....	16
Tabla 3 Grupos de aminoácidos.....	24
Tabla 4 Color típico de la carne proveniente de diversas especies.....	27
Tabla 5 Principales Géneros Bacterianos de los Alimentos.....	29
Tabla 6 Principales Mohos y Levaduras en Alimentos.....	29
Tabla 7 Parámetros de medición en un Análisis de Perfil de Textura (TPA) y su relación con las características sensoriales.....	38
Tabla 8 Actividad de agua de algunos alimentos.....	40
Tabla 9 Formulación de los salamis.....	51
Tabla 10 Lotes Elaborados.....	54
Tabla 11 TPA en salamis elaborados con carne de res congelada de animales alimentados con granos (CRCG).....	59
Tabla 12 Prueba de significancia para la Dureza.....	60
Tabla 13 Prueba de significancia para la Fuerza Adhesiva.....	63
Tabla 14 Prueba de significancia para la Cohesividad.....	64
Tabla 15 Prueba de significancia para la Masticabilidad.....	67
Tabla 16 Resultados de textura utilizando carne congelada de res y refrigerada de animales alimentados con granos (CRCG) madurados en cámara climática a diferente HR.....	69
Tabla 17 Prueba de significancia para la Cohesividad.....	69
Tabla 18 Prueba de significancia para la Elasticidad.....	71
Tabla 19 Prueba de significancia para la Masticabilidad.....	73
Tabla 20 Resultados de textura, utilizando carne de res de animales alimentados al pastoreo (CRCP) madurados a $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y H.R. del 70%.....	74
Tabla 21 Resultados de textura de salamis comparación de las formulaciones de carne congelada de res de animales alimentados con granos (CRCG) y carne de res de animales alimentados al pastoreo (CRCP) madurados en cámara climática.....	76
Tabla 22 Resultados de a_w en salamis madurados elaborados a base CRCG.....	77
Tabla 23 Prueba de significancia de a_w de salamis madurados con CRCG madurados a 90 y 70% de HR.....	77
Tabla 24 Resultados de a_w de salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG.....	79
Tabla 25 Comportamiento de la actividad de agua en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR.....	80
Tabla 26 Prueba de significancia a_w para salamis en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR.....	80
Tabla 27 Resultados de mediciones de color en salamis elaborados con formulaciones de RL y RLC utilizando CRCG.....	82
Tabla 28 Resultados de mediciones de color en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90 y 70% de HR.....	83
Tabla 29 Resultados de color en salamis elaborados con CRCG y CRCP madurados a HR de 70%.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Regiones de Mayor Productividad de Ganado Bovino.....	10
Figura 2 Bovino europeo.....	11
Figura 3 Bovino cebú.....	11
Figura 4 Razas bovinas.....	12
Figura 5 Cortes típicos de la carne vacuna.....	14
Figura 6 Estructura del músculo.....	15
Figura 7 Estructura de la fibra muscular.....	21
Figura 8 Cambios químicos de la mioglobina.....	28
Figura 9 Gráfica de Análisis de Perfil de Textura.....	37
Figura 10 Equipo para medir actividad de agua Aqualab.....	41
Figura 11 Cuadro Metodológico.....	46
Figura 12 Diagrama del proceso de elaboración de salamis.....	47
Figura 13 Preparación de cultivos.....	48
Figura 14 Incubación de los medios de cultivos.....	48
Figura 15 Carne de cerdo.....	49
Figura 16 Lardo de cerdo.....	49
Figura 17 Tripa natural de cerdo.....	49
Figura 18 Acondicionamiento de la Carne.....	50
Figura 19 Molienda de carne de res.....	51
Figura 20 Incorporación de lardo.....	51
Figura 21 Pasta cárnica.....	51
Figura 22 Adición de cultivo iniciador.....	52
Figura 23 Embutidora.....	52
Figura 24 Embutido y amarre de salamis.....	52
Figura 25 Salamis 70% HR.....	53
Figura 26 Salamis 90% HR.....	53
Figura 27 Equipo par medición de a_w	54
Figura 28 Equipo para medición de color.....	55
Figura 29 Texturómetro modelo TAXT.plus para determinación de textura.....	55
Figura 30 Accesorios TAXT.plus.....	56
Figura 31 Gráfico obtenido del Análisis de Perfil de Textura.....	57
Figura 32 Efecto del tiempo de maduración sobre la dureza de salamis.....	60
Figura 33 Efecto del inóculo a lo largo del tiempo de maduración sobre la dureza de salamis.....	61
Figura 34 Efecto de la formulación a lo largo del tiempo de maduración sobre la dureza de salamis.....	61
Figura 35 Efecto de la adición de inóculo sobre la Adhesividad de salamis a lo largo de la maduración.....	62
Figura 36 Efecto de la formulación sobre la Adhesividad de salamis a lo largo de la maduración.....	62
Figura 37 Efecto de la formulación sobre la Fuerza adhesiva de salamis a lo largo de la maduración.....	63
Figura 38 Efecto del inóculo sobre la Fuerza adhesiva de salamis a lo largo de la maduración.....	64
Figura 39 Efecto del inóculo sobre la Cohesividad de los salamis a lo largo de la maduración.....	65

Figura 40 Efecto de la formulación sobre la Cohesividad de los salamis a lo largo de la maduración.....	65
Figura 41 Efecto de la formulación sobre la elasticidad de los salamis a lo largo de la maduración.....	66
Figura 42 Efecto de la adición de inóculos sobre la Elasticidad a lo largo de la maduración.....	66
Figura 43 Efecto del tiempo de maduración sobre la masticabilidad de los salamis.	67
Figura 44 Efecto del inóculo sobre la masticabilidad de los salamis a lo largo de la maduración.....	68
Figura 45 Efecto del tiempo de maduración sobre la Dureza de salamis madurados	70
Figura 46 Efecto de la HR sobre la dureza de los salamis durante la maduración de salamis.....	70
Figura 47 Efecto de la HR sobre la Elasticidad de salamis durante la maduración de salamis.....	71
Figura 48 Efecto de la HR y el tiempo de maduración sobre la Dureza de salamis madurados.....	72
Figura 49 Efecto de la adición de <i>P. acidilactici</i> sobre la Elasticidad de salamis madurados.....	72
Figura 50 Efecto del tiempo de maduración sobre la Elasticidad de salamis madurados.....	73
Figura 51 Efecto del tiempo de maduración sobre la Dureza de salamis madurados elaborados con CRCG y CRCP.....	75
Figura 52 Efecto del tipo de carne utilizado sobre la Cohesividad de salamis madurados.....	75
Figura 53 Efecto del tiempo de maduración sobre la Masticabilidad de salamis madurados elaborados con CRCG y CRCP.....	76
Figura 54 Efecto del tiempo de maduración sobre la a_w de salamis madurados elaborados con CRCG y dos formulaciones diferentes.....	78
Figura 55 a_w de salamis elaborados con formulaciones de RL y RLC utilizando CRCG con y sin iniciadores.....	78
Figura 56 a_w de salamis elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90 y 70% HR	79
Figura 57 Efecto del tiempo de maduración sobre la a_w en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR.....	81
Figura 58 a_w en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90% de HR.....	81
Figura 59 Diagrama radial de a^* color rojo, en salamis elaborados con formulaciones de RL y RLC utilizando CRCG.....	83
Figura 60 Diagrama radial de a^* color rojo en salamis madurados elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90 y 70% de HR.....	84
Figura 61 Diagrama radial de a^* color rojo en salamis madurados elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR.....	85

ABREVIATURAS

TPA	Análisis de Perfil de Textura
HR	Humedad Relativa
a_w	Actividad de agua
NOM	Norma Oficial Mexicana
N	Newton
CRCG	Carne congelada de res de animales alimentados con granos
CRFG	Carne de res fresca de animales alimentados con granos
CRCP	Carne de res de animales alimentados en pastoreo
RL	Res-Lardo
RLC	Res-Lardo-Cerdo
RLs	Res-Lardo-sin inóculo
RL-Lb	Res-Lardo-con <i>Lactobacillus plantarum</i>
RL-Pa	Res-Lardo-con <i>Pediococcus acidilactici</i>
RLCs	Res-Lardo-Cerdo- sin inóculo
RLC-Lb	Res-Lardo-Cerdo con <i>Lactobacillus plantarum</i>
RLC-Pa	Res-Lardo-Cerdo con <i>Pediococcus acidilactici</i>
TIF	Tipo Inspección Federal
g	Gramos
%	Porcentaje
mm/s	Milímetros por segundo
mm	Milímetros
L	Luminosidad (claro u oscuro)
a^*	Tendencia del color al rojo (positivo) o al verde (negativo)
b^*	Tendencia del color al amarillo (positivo) o al azul (negativo)
BAL	Bacterias Acido Lácticas
ATP	Adenosin Trifosfato
PI	Punto isoeléctrico
CRA	Capacidad de retención de agua
λ	Longitud de onda
CIE	Comisión Internacional de Iluminación
P	Presión de vapor
P_0	Presión de vapor de agua pura

RESUMEN

Actualmente en México se tiene gran demanda por los alimentos denominados “listos para su consumo” (ready to eat) o de fácil preparación “listos para usarse” (ready to use), que son más naturales y seguros y son manejados bajo procesamiento mínimo. En este sentido un claro ejemplo son los alimentos fermentados-madurados, debido a que en su elaboración se utilizan Bacterias Acido Lácticas (BAL) como cultivos iniciadores en las nuevas tecnologías de conservación de alimentos denominada “Bioconservación”, para aumentar su seguridad y extender la vida de anaquel de los alimentos, además de aportar características sensoriales deseables para el consumidor. En el presente trabajo se buscó como objetivo, la utilización de carne de los cuartos delanteros de bovino, de bajo valor comercial, obtenidos de animales terminados en pastoreo, en el desarrollo de alimentos de alto valor agregado con características sensoriales superiores, mediante la elaboración de productos cárnicos fermentados-madurados (bioconservados), adicionados de cultivos iniciadores de *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus plantarum*. Se elaboraron distintos lotes de productos cárnicos tipo salami y se realizó la caracterización de a_w , de perfil de color, así como de los parámetros de perfil de textura a lo largo de diez días de fermentación-maduración.

INTRODUCCIÓN

El volumen de la producción de ganado para abasto de carne de bovino ha registrado incrementos con respecto de años anteriores, la carne de bovino es una de las más consumidas en México (SAGARPA, 2004).

Alrededor del 60% de esta producción se da en pastoreo, sin embargo, debido al ejercicio continuo que realiza este tipo de animales, su carne es más dura, seca y posee menor terneza y jugosidad que la de animales alimentados con granos, los cuales realizan muy poco ejercicio. Al comparar las características organolépticas (suavidad y jugosidad) de la carne obtenida de distintos cortes de un mismo animal, las mejores características se obtienen de los cuartos traseros, por lo cual son preferidos, estos representan el 52% de la canal, por el contrario, los cuartos delanteros no poseen estas características y generalmente la carne se considera como de segunda calidad o de desecho, por lo que con objeto de evaluar este tipo de carne y ofrecer alternativa para su consumo, en este trabajo se busca elaborar embutidos tipo salami, utilizando en su formulación carne de los cuartos delanteros (Forrest, 1979).

El concepto de Biocoservación se refiere a la extensión de la vida útil y al incremento de la seguridad de los alimentos mediante la utilización de su propia microbiota natural y/o sus productos metabólicos antibacterianos. Las bacterias ácido lácticas (BAL) ejercen un control sobre la microbiota y pueden ser utilizadas como bioconservantes en carne y productos cárnicos. Producen diversos compuestos antimicrobianos: ácidos orgánicos, dióxido de carbono, peróxido de hidrógeno, diacetilo, bacteriocinas (Garriga, 2002).

En la actualidad los factores a evaluar para lograr la aceptabilidad de un producto alimenticio son tres, su apariencia, sabor y textura, esta última es el reflejo de la estructura del alimento, su evaluación es muy compleja y se realiza mediante la obtención de los gráficos generados al aplicar una fuerza en función del tiempo, para obtener los siguientes parámetros: Fracturabilidad, Dureza, Cohesividad, Adhesividad, Elasticidad, Fuerza adhesiva y Masticabilidad (Varman, 1998, Bourne, 1998). En este proyecto de tesis se desarrollaron fórmulas cárnicas a base de carne de los cuartos delanteros de bovino, cuartos traseros de cerdo y lardo de cerdo y se comparó la evolución del perfil de textura, en embutidos cárnicos madurados tipo salami adicionados con cultivos iniciadores de *Pediococcus* o *Lactobacillus* con lotes de salamis sin inocular.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Producción de carne de bovino en México

El proceso de crianza del ganado bovino finaliza con la engorda de las vaquillas o becerros que son destinados al mercado. El proceso de transformación se lleva a cabo donde se realiza el sacrificio y el beneficio obteniendo la carne en canal. La industria de la carne en México no es homogénea. La principal diferencia radica en los sistemas de alimentación y manejo del ganado en general, pues en el norte la industria cuenta con sistemas más tecnificados que en el resto del país (Figura 1).

La carne de bovino en pie se refiere al animal vivo para su venta, ya sea para engorda o para ser sacrificado. En cambio, la carne de bovino en canal, se refiere a la parte del cuerpo de los animales sacrificados, después de retirárseles la piel, cabeza, las vísceras con sus contenidos, la sangre y la parte distal de los miembros, es decir, es la carne sin estar congelada. La carne en canal representa aproximadamente un 50% del peso del animal en pie (SIAP, 2009).

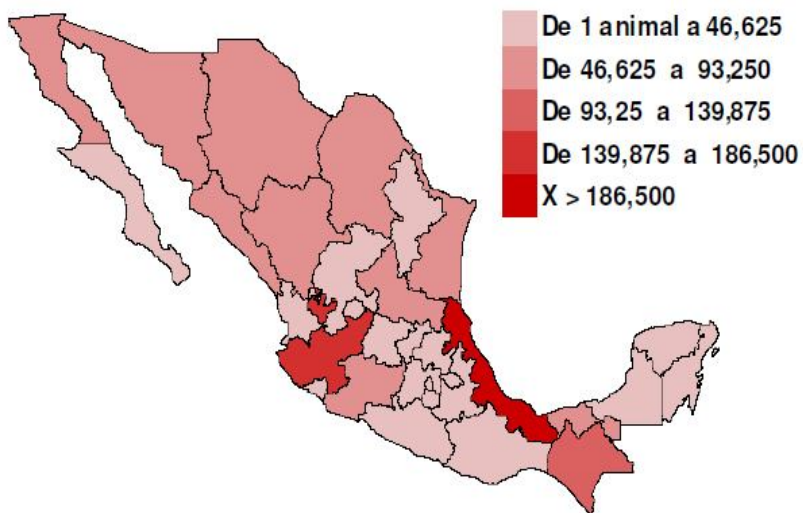


Figura 1 Regiones de Mayor Productividad de Ganado Bovino

Fuente: SIAP, 2009

1.1.1. Ganado Bovino

El concepto de raza se define como el grupo de animales con características comunes, que se transmiten sin variación de una generación a otra. Las razas de ganado bovino se clasifican en dos grupos *Bos taurus* sin joroba (Figura 2) y *Bos indicus* con joroba (Figura 3).

Pertenecen a la familia de los bóvidos. Son animales rumiantes, que se caracterizan por la alimentación y sistema digestivo, ya que son estrictamente herbívoros. Son capaces de digerir hierbas, forrajes (pastos), entre otros.

En las etapas tempranas los bóvidos solamente tienen desarrollado el abomaso, y se alimentan únicamente de leche materna, en esta etapa de desarrollo no son considerados rumiantes. En promedio a los tres meses de edad ya suelen tener en funcionamiento sus cuatro estómagos (rumen, retículo, omaso y abomaso). Estos estómagos tienen diferentes funciones en el proceso de la digestión de sus alimentos, constituidos básicamente por forrajes y granos.



Figura 2 Bovino europeo



Figura 3 Bovino cebú

Tanto las hembras como los machos presentan protuberancias óseas (cuernos) sobre sus cabezas, estos cuernos son huecos. Estos animales pueden llegar a pesar cerca de una tonelada. La mayoría de los elementos de esta especie se congregan en grupos grandes con estructuras sociales muy complejas, pero existen casos en los que su comportamiento no es gregario. Los bóvidos cubren un extensivo rango de climas y hábitats diferentes, pueden vivir en desiertos, tundra y en bosques tropicales.

En México existe una gran variedad de razas bovinas con orientación cárnica, de las cuales varias están bien establecidas y abundan en número de cabezas y número de criadores; entre las principales razas se encuentran las siguientes: Hereford, Charolais, Brahman, Nellore, Pardo suizo Europeo (Figura 4).

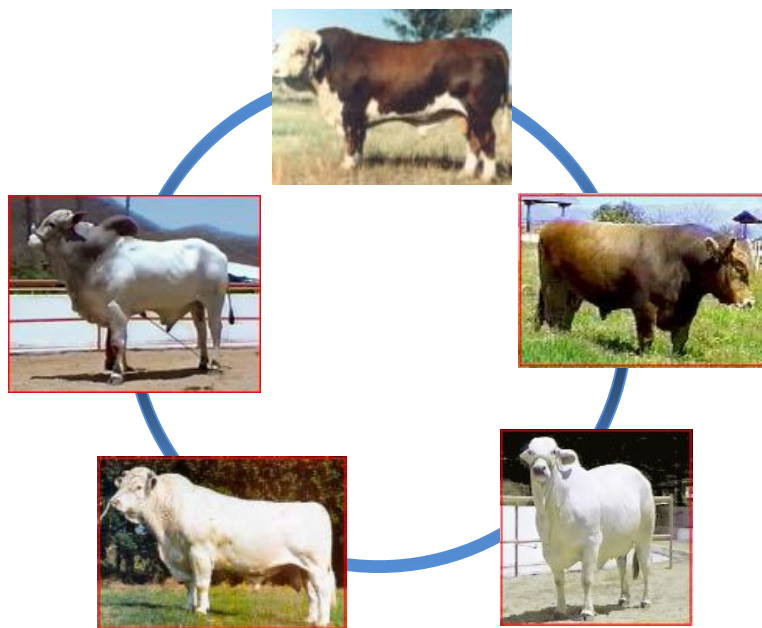


Figura 4 Razas bovinas

Las razas del grupo europeo son numerosas y se distinguen claramente dos grupos, los destinados para la producción de carne o para la producción de leche; las cuales son las más productivas del mundo, resultado esto de la mayor aplicación de ciencia y técnica en su crianza aunado al clima favorable en que se desarrollan y desde luego a una mejor alimentación y manejo. La raza del grupo *Bos indicus* ha tenido notable auge en países de Latinoamérica para la producción de al menos dos cruza de razas: a) la Brahman, y b) la Indobrasil (Gasque, et al., 2001).

1.1.2. Engorde de Ganado Bovino

El engorde de ganado bovino puede darse en tres diferentes tipos de sistemas:

- **Extensivo:** Aprovechamiento de las condiciones naturales, se requieren de grandes extensiones de pastizales, sin embargo las ganancias de peso y la calidad de la carne resultan inferiores a los obtenidos en otros sistemas. Los animales permanecen un tiempo más prolongado para ser ofrecidos al mercado, pero el costo de producción es inferior puesto que no se requiere de mucha mano de obra, ni de concentrados y no exige costosas instalaciones.

- **Semi-intensivo:** Tiene como base el pastoreo donde combina el engorde extensivo y el engorde intensivo, y tiene dos modalidades:

Suplementación: se le proporciona diariamente determinada cantidad de alimentos en comederos fijos en los mismos pastizales.

Encierro: los animales pastan medio día, y el otro medio día y toda la noche son encerrados en corrales, en donde se les alimenta con mezclas alimenticias.

- **Intensivo:** Mantiene al ganado en confinamiento por un periodo de 90 días, con una alimentación a base de raciones balanceadas especialmente preparadas. Para este sistema se requiere solo de una reducida superficie de terreno para engordar un gran número de animales en periodos de tiempo muy cortos, en este sistema los animales obtienen más peso debido a la tranquilidad, al menor ejercicio, y por ende menor desgaste de energía (Altieri, 2000).

1.1.3. Sistemas de Pastoreo

Entre los sistemas extensivos, el pastoreo implica el uso de potreros para la alimentación animal y permite que el ganado consuma directamente de la fuente natural su sustrato alimenticio, el forraje. Las poblaciones dependientes de esos sistemas son generalmente mencionadas como grupos pastoriles, siendo sus principales diferencias definidas por su movilidad en respuesta a la variabilidad ambiental. En un extremo los grupos nómadas son altamente móviles, viven en áreas con grandes diferencias en los patrones climáticos tanto estacionales como anuales; en el otro extremo los agro-pastores y los ganaderos operan sistemas sedentarios en los cuales las variaciones climáticas anuales y estacionales son menores (Baroli, 2009).

1.1.4. Calidad de la carne de bovinos en pastoreo

La calidad de la carne bovina es particularmente definida por su composición química (valor nutricional) y sus características organolépticas (Valor sensorial) tales como la terneza, color, sabor y jugosidad (Pearson, 1998). Así mismo también influye el sistema de producción, el tipo de animal, el plano nutricional ofrecido y el manejo *ante y post-mortem*,

los cuales pueden modificar las características de la carne (Depetris y Santini, 2006). En la (Figura 5) se muestra el corte típico de las piezas de carne vacuna.

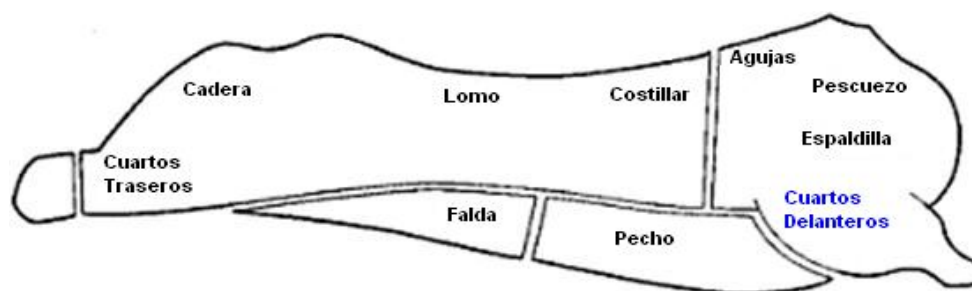


Figura 5 Cortes típicos de la carne vacuna

Fuente: Forrest, 1979

Con respecto de los cortes descritos en la figura anterior los cortes típicos relevantes del vacuno se describen en la (Tabla 1).

Tabla 1 Composición de las piezas típicas de vacuno

	% Aproximado			
	Músculo	Grasa	Tejido conectivo	Huesos
Redondo	59	5	11	15
Pecho	48	18	17	17
Pescuezo	48	8	19	25
Falda	58	17	25	0

Fuente: Ranken, 2003

1.2 Generalidades de la carne

La legislación define a la carne como la fibra muscular estriada de los animales de abasto, caza y pesca, desde el enfoque legal la Secretaria de Salud la define como la estructura muscular estriada, acompañada o no de tejido conjunto elástico, grasas, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos; proveniente de los animales para abasto que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas; se incluyen las refrigeradas o congeladas (NOM-194-SSA1-2004).

1.2.1 Estructura y Composición

La carne se compone fundamentalmente del tejido muscular esquelético, que representa alrededor del 40 al 50 % del peso de la canal y está compuesta fundamentalmente de músculo y de cantidades variables de tejido conectivo, adiposo y nervioso. Rodeando globalmente al músculo aparece una lámina envolvente de tejido conectivo, que se denomina epimisio, de la superficie interna de éste penetran en el músculo septos, también de tejido conectivo, que separan las fibras musculares en haces de fibras, es la parte esencial del músculo, estos septos constituyen el perimisio y en él se incluyen los vasos sanguíneos de mayor tamaño y los nervios. Desde la superficie interna del perimisio surge hacia el interior un entramado de tejidos conectivo que rodea a cada fibra muscular individual, esta camisa de tejido conectivo se denomina endomisio. El tejido conectivo está constituido sobre todo por colágeno (López, 2004). Esta estructura del tejido se encuentra descrita en la siguiente (Figura 6).

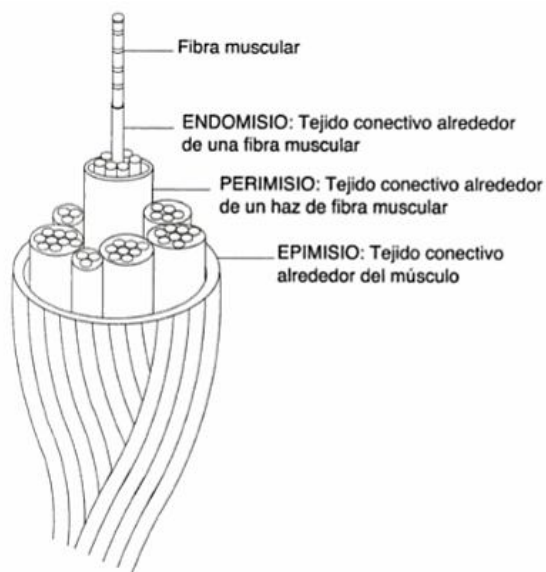


Figura 6 Estructura del músculo

Fuente: López, 2004

El tamaño de las haces de fibras musculares determina la textura de la carne, las proporciones relativas de tejido conjuntivo y fibras musculares varían entre músculos y, en parte, son responsables de la dureza de la carne (López, 2004).

El color rojo de la fibra se debe principalmente a una proteína conjugada llamada mioglobina. La buena calidad de la carne está determinada por la cantidad y constitución de las fibras musculares. Según su origen las proteínas del músculo se clasifican en sarcoplásmicas, miofibrilares y del tejido conectivo, de las cuales la mioglobina, la actina, la miosina y el colágeno, entre otras, son las más importantes (Decara y colaboradores, 2007).

Muchas de las propiedades nutrimentales de la carne, están ligadas a su estructura y composición química, la cual es muy similar en todos los animales y se ven afectadas durante su conservación y procesamiento (Tabla 2).

La composición de la carne de bovino ofrece pocas diferencias en lo que respecta a las partes, magras, sin embargo el contenido en grasas suele depender de factores tales como la especie animal, la raza, el sexo, la edad, la alimentación, la región anatómica, etc.

Tabla 2 Composición Química de la Carne

Carne	Agua	Proteínas	Grasa	Minerales	Contenido energético kCal/100g
Vacuno	76.4	21.8	0.7	1.2	96
Ternera	76.7	21.5	0.6	1.3	93
Cerdo	75.0	21.9	1.9	1.2	108
Cordero	75.2	19.4	4.3	1.1	120
Cabra	70.0	19.5	7.9	1.0	153
Corzo	75.7	21.4	1.3	1.0	100
Conejo	69.6	20.8	7.6	1.1	155
Liebre	73.3	21.6	3.0	1.2	116
Pollo	72.7	20.6	5.6	1.1	136
Pavo	58.4	20.1	20.2	1.0	270
Pato	63.7	18.1	17.2	1.0	234
Ganso	52.4	15.7	31.0	0.9	352

Fuente: Astiasarán, 1999

La raza ejerce una evidente influencia sobre la composición de la carne, especialmente en lo que respecta a su contenido graso que permite distinguir la carne de las vacas lecheras, así como la influencia de edad y el sexo. En el vacuno la carne de los animales jóvenes, de menos de dos años, suele contener mayor cantidad de agua y menor porcentaje de proteínas, grasas y elementos minerales, que la de los animales adultos. La carne de los bovinos jóvenes no presenta el típico marmoleo debido a la presencia y distribución de la grasa, ya que esos animales son más propensos al engrosamiento intermuscular que al depósito de grasa subcutánea e intramuscular. Además, las hembras tienden a formar más tejido adiposo (Astiasarán, 1999).

1.2.2 Cambios bioquímicos durante la transformación de músculo en carne

En el animal vivo, el músculo es un tejido muy especializado, que mediante su contracción convierte la energía química en energía mecánica. Después del sacrificio, la musculatura animal no cesa bruscamente todas sus funciones vitales y se convierte rápidamente en carne, por el contrario, durante un periodo de varias horas e incluso días, ocurren una serie de cambios físicos y químicos, los cuales en conjunto son conocidos como conversión de músculo en carne (División de educación, 1998). En el *ante-mortem*, el músculo es flácido y altamente extensible. Luego de pocas horas *post-mortem* se vuelve inextensible y rígido, originando el fenómeno que se conoce como *rigor mortis*. La rigidez observada durante el *rigor mortis* es debido a la formación de puentes cruzados entre filamentos de actina y miosina, los cuales, en ausencia de energía (ATP) son irreversibles (Acevedo M., 2004).

1.2.3 Ante-mortem

Este comienza desde el transporte del animal, ya que durante el mismo se suelen generar ambientes de temperatura, humedad, ruido y espacio estresantes para el animal, generando cambios en el metabolismo muscular y repercutiendo directamente en la calidad de la carne, debido que el organismo del animal reacciona a diversos estímulos del nuevo medio ambiente, provocando cambios en el ritmo cardiaco, velocidad respiratoria, temperatura corporal y presión sanguínea, lo cual conlleva a consumir altos niveles de glucógeno (Forrest, 1979; López, 2004).

Es necesario cuidar el bienestar de los animales antes del sacrificio a fin de evitar que el animal consuma sus reservas de glucógeno, necesario durante el *post-mortem* para la glucólisis anaerobia en donde será transformado en ácido láctico, lo que favorece los cambios bioquímicos en la transformación en carne (Grandin, 1997; Chacón, 2004). Por ello el tener un manejo *ante-mortem* pobre, da lugar a la obtención de carne oscura, firme y seca o Dark Firm Dry (DFD), la cual resulta de animales estresados y exhaustos con mínimas reservas de glucógeno, con un valor de pH menor a 5.9 de apariencia oscura y con textura seca que se deteriora rápidamente, acompañada de olores desagradables. Asimismo existe el defecto de la carne pálida, suave y exudativa o Pale Soft Exudative (PSE), que comúnmente se presenta en cerdos estresados con reservas significativamente altas de glucógeno, dando como resultado una carne pálida, de textura suave con grandes cantidades de agua exudada (Llorente, 1997).

1.2.4 Post-mortem

Inmediatamente después de la muerte del animal, inician una serie de procesos bioquímicos, que están marcados por el proceso de degradación y resíntesis del ATP (Prandl, 1994).

En primera instancia se tiene que las funciones musculares (contracción, relajación) exigen un consumo de energía adicional a la normalmente gastada por el músculo en reposo, esta energía se deriva del ATP mediante una acción catalizada por la enzima miosin-ATPasa. Cuando el músculo se contrae rápidamente, su aporte de oxígeno no es suficiente para soportar la resistencia de ATP mediante metabolismo aeróbico. Por lo que bajo condiciones de falta de oxígeno el metabolismo anaeróbico solo puede proporcionar energía durante un corto tiempo, finalmente la disminución de la cantidad de ATP en el músculo provoca que este se endurezca notablemente, por lo cual su flexibilidad, elasticidad y extensibilidad se reduce hasta alcanzar solamente en un 5-10% por encima de su longitud normal y de esta forma el músculo llega a un estado que se denomina *rigor mortis* el cual es alcanzado entre las 10 y 24 horas posteriores a la muerte del animal (Prandl, 1994; Chacón, 2004).

1.2.4.1 pH

Cuando disminuye el metabolismo normal y el suministro de oxígeno a la corriente sanguínea, el glucógeno (aporte energético del animal), se convierte en ácido láctico y el pH

disminuye, desde 7.0-7.2 a 5.5-6.5, proceso conocido como glucólisis. Este descenso de pH favorece a la conservación de la carne por hacer más lento el desarrollo microbiano, pero disminuye la capacidad de retención de agua de la carne, por estar cercano al punto isoeléctrico de las proteínas musculares (Garriz. 2001).

1.2.4.2 *Rigor mortis*

También conocido como rigidez cadavérica, que es la última reacción vital de los músculos que mueren y aparecen rígidos e inflexibles, los miembros apendiculares no consienten el encogimiento pasivo (producción y aparición del *rigor mortis*) (Decara y colaboradores 2007).

Las características principales que presenta este estado son las siguientes:

- Descenso del pH de 7.3-7.5 a 5.4
- Disminución de la capacidad fijadora de agua
- Disminución de la resistencia eléctrica y aumento de la aptitud para el curado
- Alteración del color de la carne
- Alteraciones histológicas e histoquímicas
- Disminución del ATP
- Inextensibilidad de los músculos
- Aumento de formación del complejo actina-miosina

En el momento en el que muere el animal, los diversos tipos de tejidos continúan su actividad metabólica. Aunque el músculo no se contrae activamente después de la muerte, consume energía para mantener la temperatura y la integridad estructural de sus células. En la provisión de energía se halla implicada la ATP-asa del sarcoplasma (Lawrie, 1998).

El cambio que ocurre después de desangrar al animal es la interrupción del suministro de oxígeno por la sangre del músculo, lo que ocasiona un cambio en el potencial de oxidación-reducción. A consecuencia de este cambio, solamente tiene lugar en el músculo el proceso denominado glucólisis anaerobia *post-mortem*, en estas condiciones, el glucógeno, en vez de degradarse en agua y dióxido de carbono con generación de ATP, se transforma en ácido láctico y la producción de ATP es mínima. Este ácido láctico producido, va a originar un

descenso del pH muscular, que hace que las proteínas sean más susceptibles a la desnaturalización, la cual se manifiesta por una reducción en la capacidad de retención de agua, lo que provoca que las proteínas miofibrilares se aproximen a su punto isoeléctrico; ambas circunstancias determinan la exudación del músculo, lo que a su vez inhibe progresivamente diversas enzimas de la glucólisis, aunque la reserva de glucógeno no está agotada del todo y el contenido de ATP se aproxima a cero. La escasez de ATP aumenta la dificultad de mantener la integridad estructural de las proteínas. La pérdida de extensibilidad debido a la formación de actomiosina discurre lentamente al principio (periodo de demora), luego con más rapidez (fase rápida). El tiempo de aparición de la fase rápida del *rigor mortis* a una temperatura dada depende directamente del nivel de ATP, el cual en un inmediato periodo *post-mortem*, desciende lentamente a consecuencia de la actividad de la ATP-asa sarcoplasmática. La actina y la miosina se unen formando la actomiosina, la cual, al no existir ATP, se va a constituir en un proceso irreversible (Depetris y Santini, 2006).

1.3 Propiedades de la carne

La carne es un alimento fácilmente digestible y supone una excelente fuente de proteínas ya que contiene de un 18 a 20% de proteínas, 75% de agua, además de tener un bajo contenido de lípidos en el músculo de un 5 a 10%, además de otros componentes como: azúcares, aminoácidos, minerales. Además de las propiedades nutrimentales, las propiedades organolépticas son de importancia ya que estas son percibidas directamente por el consumidor al comprar y comer el producto. Cada consumidor hace su propia evaluación del alimento, por lo cual estos tienen un rol fundamental en la aceptabilidad de los alimentos. Existen productos ricos en nutrimentos que no son aceptables como alimentos, porque no satisfacen los requerimientos sensoriales de los consumidores.

Las características sensoriales son detectadas por los sentidos de la vista (aspecto, tamaño, forma, color), tacto (textura, consistencia, terneza), gusto (gustos y sabores), olfato (olores, aroma) y oído (crepitar). El conjunto de percepciones gustativas y olfatorias representa el "flavor", comúnmente llamado gusto aunque el olfato tiene una parte predominante.

Para la carne las principales características al momento de su compra son el color, y al momento de su consumo la terneza, jugosidad y flavor. De estas la característica más importante es la terneza, la cual está estrechamente relacionada con la cantidad de colágeno

en el músculo, ya que los músculos de res con menos colágeno son más tiernos (Garriz, 2001).

1.3.1 Proteínas Musculares y Funcionalidad

El tejido muscular de los mamíferos se clasifica en tres tipos: cardíaco, liso o involuntario y estriado o esquelético. El músculo esquelético está compuesto de fibras musculares, células filamentosas largas sin ramificar, rodeadas del sarcolema, arregladas en diferentes niveles estructurales (Figura 7) (Forrest y col., 1979).

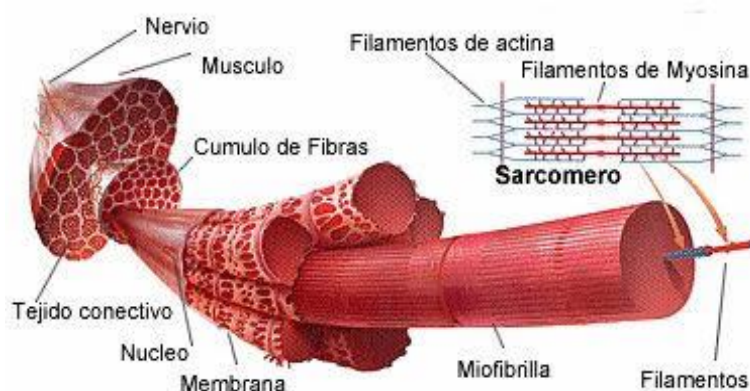


Figura 7 Estructura de la fibra muscular

Fuente: A.D.A.M. Interactive Anatomy 3.0

La composición del músculo varía aproximadamente entre 18 y 20% de proteína total. Las proteínas musculares pueden ser divididas en tres grupos: Las proteínas sarcoplásmicas, solubles en soluciones salinas de baja fuerza iónica, las proteínas miofibrilares o estructurales, solubles en soluciones salinas concentradas, de una fuerza iónica entre 0.5 y 0.6 y las proteínas del tejido conectivo, insolubles en las anteriores soluciones (Schut, 1976).

Las proteínas miofibrilares son principalmente actina, miosina y actomiosina, entre otras. El punto isoeléctrico de estas varía entre 4.5 a 5.5. El sarcoplasma contiene proteínas relacionadas con la actividad metabólica, como la mioglobina, la miogenina, la hemoglobina, las albúminas, etc., teniendo su punto isoeléctrico (pI) entre 6.0 y 7.0 (Bendall, 1964; Lawrie, 1998; Schut, 1976; Ranken 1985; Kretschman, 1992).

Las proteínas de origen animal que tienen importancia funcional son principalmente las del complejo contráctil o miofibrilares. Estas son el mayor contribuyente a la terneza de la carne. La miosina constituye aproximadamente un 55% del peso del complejo, la actina representa otro 20%. La actomiosina es formada por la unión reversible entre actina y miosina durante la contracción muscular (Tarrant, 1982). El rompimiento del complejo actinmiosina se vuelve irreversible después de la muerte del animal, debido al agotamiento del ATP y del calcio. De aquí la importancia estructural y de soporte, ya que son las responsables del mecanismo de contracción muscular que produce fuerza y movimiento, además del manejo previo al sacrificio, que puede ser también el responsable del agotamiento del animal y por consecuencia del ATP (Bailey, 1982).

Las proteínas musculares pueden considerarse como participantes en tres clases de interacciones: proteína-agua, proteína-lípido y proteína-proteína. Estas interacciones básicas están caracterizadas por las propiedades de unión de agua, unión de grasa y de la interacción intermolecular de las cadenas poliméricas de proteínas (Whiting, 1988).

Los aminoácidos son generalmente clasificados de acuerdo con las polaridades de sus cadenas laterales, en donde cada aminoácido posee una cadena lateral característica, la cual le confiere un comportamiento termodinámico de la proteína, que dependerá en este contexto, de la composición de aminoácidos y su secuencia primaria, la cual determinará los siguientes niveles estructurales (secundaria, terciaria y cuaternaria) de las proteínas, éstos a su vez determinarán las propiedades fisicoquímicas de las proteínas y de su forma de interacción con el agua, lípidos y otras proteínas que derivarán en las propiedades funcionales y comportamiento en el desarrollo de los sistemas (Pour-El, 1981; Voet y Voet, 1990).

Dicha funcionalidad de las proteínas puede estar determinada por la solubilidad, hidrofobicidad, la carga, la polimerización (disociación o agregación), la concentración y el contenido de grupos sulfhidrilo (-SH) y disulfuro (S-S), mismos que en combinaciones complejas, afectan, en especial la hidrofobicidad de los aminoácidos, en tanto la presencia de aminoácidos que favorecen la formación de puentes disulfuro, lo cual tienen un efecto determinante en su funcionalidad.

De esta manera Por lo que la concentración y el contenido de grupos sulfhídrido (-SH) y disulfuro (S-S), todos en combinaciones complejas, afectan la funcionalidad (solubilidad, hidrofobicidad, polimerización) tienen un efecto determinante en su funcionalidad (Nakai, S. y E. Li-Chan, 1988.).

1.3.2 Cambios proteicos durante el proceso de maduración

Los productos cárnicos embutidos tienen la presencia de flora natural o adicionada en forma de cultivos iniciadores, los cuales favorecen el proceso de maduración de los mismos. Paralelamente ocurren cambios en el contenido de humedad del producto, esta pérdida está influenciada por la proteólisis principalmente de las proteínas miofibrilares durante la fermentación, debida a la actividad de las exopeptidasas, tanto endógenas como de origen microbiano, las cuales liberan pequeños péptidos y aminoácidos libres, capaces de retener agua, favorecer la formación de geles y evitar la desecación. Las BAL, al producir ácido láctico de la fermentación de carbohidratos, favorece el descenso de los valores de pH y esto a su vez también contribuye de manera indirecta a la degradación de las proteínas miofibrilares, aumentando la estabilidad del sistema.

La fracción de nitrógeno no proteico se enriquece, además, con el amoníaco procedente del metabolismo microbiano de los aminoácidos, provocando un ligero aumento del pH. Este incremento en el nitrógeno no proteico y los aminoácidos libres contribuyen, en el sabor y aroma del producto final y a su desecación, pues acelera la pérdida de agua (Pulla, 2010).

1.3.3 Características e hidrofobicidad de los aminoácidos

Los aminoácidos son compuestos sólidos; incoloros; cristalizables; de elevado punto de fusión (habitualmente por encima de los 200 °C); solubles en agua; con actividad óptica y con un comportamiento anfótero, el cual se refiere a que, en disolución acuosa, los aminoácidos son capaces de ionizarse, dependiendo del pH, como un ácido (cuando el pH es básico), como una base (cuando el pH es ácido) o como un ácido y una base a la vez (cuando el pH es neutro). En este último caso adoptan un estado dipolar iónico conocido como zwitterión.

El pH en el cual un aminoácido tiende a adoptar una forma dipolar neutra (igual número de cargas positivas que negativas) se denomina Punto Isoeléctrico. La solubilidad en agua de un aminoácido es mínima en su punto isoeléctrico (Tabla 3) (Lehninger, 1990).

Tabla 3 Grupos de aminoácidos.

Tipo	Aminoácidos
AMINOÁCIDOS APOLARES O HIDRÓFOBOS	Alanina, Valina, Leucina, Isoleucina, Prolina, Fenilalanina, Triptófano, Metionina.
AMINOÁCIDOS POLARES O HIDROFÍLICOS	Serina, Treonina, Tirosina. Asparagina, Glutamina, Cisteína, Glicina.
AMINOÁCIDOS BÁSICOS	Lisina, Arginina, Histidina.
AMINOÁCIDOS ÁCIDOS	Ácido Aspártico, Ácido Glutámico

Fuente: Torres, 2010

1.3.4 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua de las proteínas de la carne está relacionada directamente con otras propiedades físicas tales como color, textura, firmeza, jugosidad y con las pérdidas de agua durante el almacenamiento y procesamiento. Los componentes responsables de esta capacidad son las proteínas miofibrilares “captadoras o ligadoras” de agua.

El agua tiene un comportamiento polar. En la masa muscular total se encuentra en un 65 a 80%. Las uniones agua proteína pueden ser de varios tipos.

- a) Fuerte: Se producen debido a la presencia de las cargas negativas (Ácido Glutámico) y positivas (Lisina) de las cadenas laterales.
- b) Menos fuertes: Debidos a los enlaces polipeptídicos y grupos laterales de la Glutamina o Histidina que se encuentran en estado eléctrico neutro, pero contiene átomos de N y O en grupos con cargas negativas y positivas suficientemente separados para formar dipolos.
- c) Débiles o Hidrofóbicos: Se producen debido a la presencia de grupos laterales de la Leucina, Alanina o Valina (neutros) y débilmente polares.

El agua en el músculo se presenta bajo tres formas de unión o estados: libre, ligada y de hidratación o monomolecular. Cabe mencionar que las uniones dependen de la especie, tipo de músculo, edad, de los procesos *post-mortem*: producción de ácido láctico, pérdida de ATP, *rigor mortis* cambios estructurales y debidos a la actividad enzimática (División de Educación, 1998).

Existen factores capaces de incrementar la capacidad de la carne de retener agua (CRA) (Astiasarán, 1999).

- pH final elevado
- glucólisis *post-mortem* lenta
- rápido enfriamiento de la canal, antes de que aparezca el *rigor mortis*
- almacenamiento a temperaturas muy próximas a 0°C
- elevado contenido en grasa intermuscular
- corte del músculo en sentido longitudinal de la fibra muscular
- cuanto menor sea la superficie del corte
- La adición de sales como el cloruro de sodio, que favorecen la proteólisis y con esto, el incremento en la retención de agua. Este aumento en CRA se puede conseguir también con la adición de fosfatos.

1.3.5 Textura y Palatabilidad de la carne

La textura de la carne depende del tamaño de los haces de fibras musculares, es decir del número y el diámetro de las fibras, así como de la cantidad del tejido conjuntivo que forma el perimio tisular. La textura es un atributo sensorial, y fue establecida por Brennen en 1980. Szczesniak en 1987 establece que la textura es una propiedad sensorial con una multitud de parámetros, los cuales están determinados por un conjunto de factores entre las que se incluyen la composición química, estructura, forma y tamaño de las partículas del alimento.

1.3.5.1 Terneza

La terneza es el criterio organoléptico más importante para los consumidores. Esta se puede definir como la facilidad de morder y masticar la carne. En la carne la terneza varía

ampliamente por dos causas principales: el tejido conectivo y las miofibrillas musculares. El tejido conectivo depende directamente de la composición de colágeno tanto soluble como insoluble, esto a su vez depende del músculo, de la raza y de la edad del animal, mientras que el estado de las miofibrillas varía también según las condiciones de manejo *post-mortem* (Hedrick et al., 1994).

1.3.5.2 Jugosidad

Es una cualidad organoléptica que se encuentra directamente ligada a la capacidad de retener agua que poseen las proteínas del tejido muscular. La jugosidad de la carne juega un papel muy importante en la impresión gustativa del consumidor. Los jugos contienen componentes importantes que contribuyen a la fragmentación y suavidad de la carne mientras se mastica. Los lípidos intramusculares y el agua son las principales fuentes de jugosidad de la carne, constituyendo un substrato acuoso que es liberado cuando la carne es masticada. La ausencia de jugosidad limita severamente su aceptabilidad. El contenido de grasa intramuscular o marmoleo del músculo, influencia la aceptabilidad de la carne por parte del consumidor, especialmente por sus efectos positivos en la jugosidad y sabor. Pequeñas cantidades de grasa intramuscular uniformemente distribuidas a través de la carne proveen buen sabor y jugosidad, en contraposición a la carne que no posee marmoleo que es generalmente seca y carente de sabor (Hedrick et al., 1994).

1.3.6 Color

Los pigmentos de la carne están formados en su mayor parte por dos proteínas, la hemoglobina, que es el pigmento sanguíneo y la mioglobina, pigmento muscular. En el tejido muscular bien desangrado la mioglobina constituye el 80-90% del pigmento total y es mucho más abundante que la hemoglobina. Los dos pigmentos principales tienen una estructura similar, la mioglobina está formada por una porción proteica, denominada globina (proteína globular) y de una proporción no proteica denominada anillo o grupo hemo. Este grupo es de importancia ya que el color de la carne depende del estado químico del hierro (estado de oxidación) dentro del núcleo o anillo hemo.

El color de la carne depende de la forma química bajo la que se encuentra mioglobina. Se trata de una globulina enlazada a un grupo de hematina, formado por cuatro anillos de pirrol

y núcleo de átomos de Fe, normalmente con valencia +2, cuya función es la de almacenar oxígeno. El color de la carne varía dependiendo de la especie, función del músculo del cual proviene, edad del animal, así como de las condiciones de manejo y de almacenamiento. A medida que aumenta la cantidad de mioglobina (pigmento de la carne natural) en el músculo, se incrementa la intensidad del color teniendo desde el blanco como en la pechuga de aves, rosa en la carne de puerco a rojo oscuro como la carne de res que proviene de animales adultos. A medida que los animales dentro de una misma especie aumentan su edad, el contenido de mioglobina dentro de los tejidos musculares aumenta, y por esto es que la carne proveniente de animales jóvenes es más clara que la de animales maduros (Astiasarán, 1999). En la Tabla 4 se muestra el contenido aproximado de mioglobina en carne proveniente de diversas especies.

Tabla 4 Color típico de la carne proveniente de diversas especies

Especie	Color	Mioglobina (mg/g)
Vacuno	Rojo cereza brillante	5-10
Ternera	Rosa marrón	1-3
Cerdo	Rosa grisáceo	1-3
Oveja y carnero	Rojo pálido a rojo ladrillo	2
Caballo	Rojo oscuro	-
Aves (pollo)	Blanco gris (pechuga)	0.05
	Rojo pálido (muslo)	2.0
Aves (pavo)	Pechuga	0.25
Pescado	Blanco grisáceo a rojo oscuro	0.3

Fuente: Astiasarán, 1999

En la carne fresca la forma química más importante es la oximioglobina. Aunque solo se presenta en la superficie tiene gran importancia, ya que es responsable del color rojo brillante.

Este pigmento se forma a los 30-45 minutos de exposición al aire. En esta reacción, la mioglobina (purpura) se oxigena (se le adiciona oxígeno atmosférico o molecular) y su estabilidad depende de un aporte continuo de oxígeno, ya que las enzimas implicadas en el metabolismo oxidativo de los tejidos consumen rápidamente el oxígeno disponible (respiración de la carne).

Todos los factores que causan la desnaturalización de la globina, aceleran la producción de metamioglobina a partir de la mioglobina y la oximioglobina.

En la Figura 8 se esquematizan los diferentes cambios químicos que puede sufrir la mioglobina durante el desarrollo de la pigmentación, de carne fresca procesada, Figura 8 (González et al., 1998).

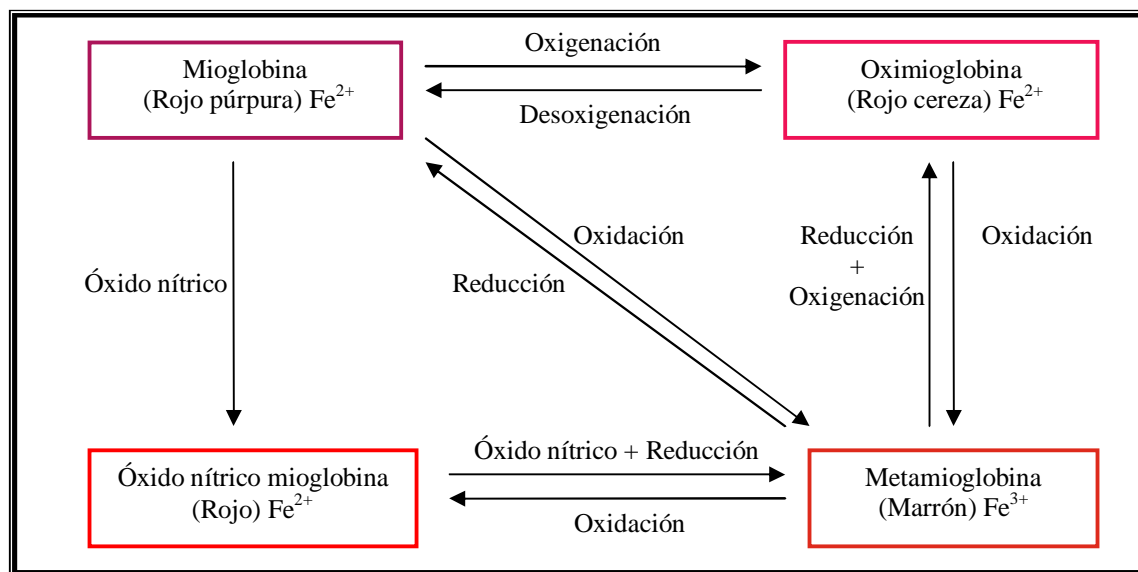


Figura 8 Cambios químicos de la mioglobina

Fuente: González et al., 1998

1.3.7 Microbiota de la carne

La carne es un alimento altamente perecedero debido a su composición, pH y actividad de agua (a_w). Su contaminación comienza durante el sacrificio, ya que en ese momento es más susceptible la migración de gérmenes propios del animal, los cuales se encuentran presentes en intestino y piel. A esta carga microbiana se le conoce como microbiota endógena que es propia del alimento. En la piel se pueden encontrar microorganismos de los siguientes géneros *Micrococcus*, *Pseudomonas* y otros gramnegativos, *Staphylococcus*, *Lactobacillus* y en los intestinos, coliformes, *E. coli*, *Clostridium*, *Streptococcus* y *Salmonella*. Cabe mencionar que la migración a través de la barrera intestinal, se debe a factores como la falta de ayuno previo a malas prácticas de matanza, cansancio y estado de salud del animal entre otros (Pascual, 2000).

1.3.7.1 Organismos involucrados en el deterioro de la carne

Los problemas microbiológicos de los alimentos se deben fundamentalmente a bacterias y hongos. Las bacterias (Tabla 5) son organismos unicelulares procariotas. Los hongos son organismos superiores, eucariotas, estos son clasificados de acuerdo a su forma y crecimiento, en mohos y levaduras (Tabla 6); los mohos son hongos multicelulares formadores de micelio; mientras que las levaduras son hongos unicelulares no formadores de micelio, que crecen formando colonias similares a las bacterianas (Pascual, 2000).

Tabla 5 Principales Géneros Bacterianos de los Alimentos

Tipo	Género
Gram negativos: Bacilo microaerófilos Espirales o curvos.	<i>Campylobacter</i>
Gram negativos: Aeróbios de forma bacilar a cocacea	<i>Acetobacter, Acinetobacter, Alcaligenes, Alteromonas, Brucella, Flavobacterium, Halobacterium, Halococcus, Moraxella, Pseudomonas</i>
Gram negativos: Bacilos anaeróbios facultativos	<i>Aeromonas, Enterobacter, Erwina, Escherichia, Proteus, Salmonella, Serratia, Shigella, Vibrio, Yersina</i>
Gram positivos: Cocos	<i>Leuconostoc, Micrococcus, Pediococcus, Staphylococcus, Streptococcus</i>
Gram positivos: Bacilos regulares no esporulados	<i>Brochothrix, Lactobacillus, Listeria</i>
Gram positivos: Bacilos regulares no esporulados	<i>Corynebacterium</i>
Gram Positivos: Micobacterias	<i>Mycobacterium</i>

Fuente: Pascual, 2000

Tabla 6 Principales Mohos y Levaduras en Alimentos

Tipo	Género
Mohos clase Ficomicetos	<i>Mucor, Rhizopus</i>
Mohos clase Ascomicetos	<i>Claviceps, Monascus, Neurospora</i>
Mohos clase Hongos imperfectos	<i>Alternaria, Aspergillus, Botrytis, Cladosporium, Fusarium, Penicillium, Sporendonema, Trichoderma</i>
Levaduras clase Ascomicetos	<i>Saccaromyces</i>
Levaduras clase hongos imperfectos	<i>Candida, Rhodoturula, Torulopsis</i>

Fuente: Escriche, 2006

La microbiota inicial de la carne es muy variada, la mayoría de los microorganismos que alteran la carne fresca refrigerada son bacterias psicrótrofas aerobias, anaerobias facultativas y microorganismos Gram positivos (Vázquez et al., 2009). Sin embargo, algunas toxiinfecciones alimentarias pueden ser originadas por bacterias mesófilas patógenas presentes en la carne como *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolítica*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter sp.*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (García, 1995), las cuales constituyen un riesgo para la salud y causan alteraciones de las características organolépticas de la carne.

1.4 Embutidos

Es un alimento preparado a partir de carne picada y condimentada, introducida a presión en tripas aunque en el momento de consumo, carezcan de ellas. Un embutido curado el cual sus componentes interactúan con sal, nitratos y nitritos principalmente, con el fin de mejorar sus características, en especial color y vida útil (NOM-213-SSA1-2002).

1.4.1 Clasificación de los productos cárnicos procesados

Existe una gran variedad de productos cárnicos procesados. La NOM-213-SSA1-2002 establece la clasificación de estos productos en crudos, curados, desecados secos o salados, empanados o rebozados congelados, fritos, marinados o en salmuera. Los productos cárnicos madurados, a los que son sometidos a deshidratación parcial, pudiendo ser ahumados o no, sometidos durante cierto tiempo a la acción de cultivos microbianos o enzimas o microorganismos propios de la carne y su acción sobre azúcares añadidos o no, pueden ser en cortes enteros o troceados.

1.4.2 Elaboración de embutidos cárnicos madurados

La composición básica de los embutidos son los compuestos cárnicos, grasa agua, nitritos y nitratos, fosfatos, condimentos sustancias de relleno y sustancias, ligantes y en algunos se incluyen otros componentes como: conservadores, antioxidantes y fijadores de color.

Los tres componentes principales de la carne son: **agua, proteínas y grasas**. El agua, se encuentra en mayor proporción, un 70% de los tejidos magros, las proteínas se encuentran en el músculo magro es de 22% y el de grasa es de un 5 un 10 %, el contenido mineral es de

aproximadamente un 1%. En casi todos los tipos de carnes procesadas, la extracción de proteína juega un papel decisivo. Si la proteína no es extraída no pueden realizar sus funciones fundamentales: las proteínas cárnicas son el agente emulsificante de una emulsión cárnica y actúan como el cemento entre las piezas de carne en el caso de los jamones. Del contenido total de proteína casi el 50% es de proteínas miofibrilares, en donde el 15% es de actina y el 35% de miosina, el resto consiste de proteínas sarcoplasmáticas y tejido conectivo o proteína del estroma. La fracción de la proteína miofibrilar es la más importante de considerar para lograr una buena liga, emulsión y gelificación (Coretti, 1986).

El proceso de fabricación de los embutidos comprende diversas etapas. En un primer momento, la carne y la grasa se pican a baja temperatura en una picadora de placas o una picadora de cuchillas (cutter). Después del picado, la carne se mezcla con los demás ingredientes para obtener el producto deseado. La mezcla puede realizarse en una amasadora, en la cutter o en molinos coloidales. Posteriormente la masa cárnica es embutida en tripa natural o artificial (colágeno y/o celulosa, son las más habituales), poniendo cuidado en la extracción del oxígeno de la mezcla cárnica, a fin de evitar posteriores defectos o efectos sobre la formación del color y el aroma durante la maduración, debido a esto la mezcladora y embutidora acostumbrada a trabajar bajo vacío. Finalmente se lleva a cabo la maduración de los embutidos, colocándolos en las cámaras de secado, a condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y circulación de aire. Generalmente el proceso de fabricación de embutidos fermentados, se realiza en una sola etapa de maduración a bajas temperaturas (<10-12°C) con el fin de evitar una intensa y rápida fermentación. Este tipo de embutidos de pequeño calibre (<30-40mm) ligeramente acidificados, presentan valores finales de pH de 5.3 - 6.2 y cortos periodos de maduración, normalmente inferiores a 1 mes (Coretti, 1986).

1.4.2.1 Salami

El salami es un embutido curado-madurado de media y larga duración a base de carne de res, carne de cerdo, lardo, sal, sales de curación (nitritos) y azúcar. Al mezclar todos los componentes se forma una pasta cárnica con diámetros de partícula de aproximadamente 2mm. La materia prima cárnica posee la presencia de flora endógena bacteriana que hace uso del azúcar para producir ácido láctico, aunque también se puede adicionar como cultivos

iniciadores para regular la presencia de flora competitiva y producir características sensoriales específicas. La pasta es embutida en tripas naturales o artificiales, tras lo cual se inicia el proceso de fermentación, donde se puede apreciar que las diferentes partículas forman una masa compacta creando una interacción entre ellas, además de que se adquiere el color rojo característico de este tipo de productos, mismo que aumenta conforme pasan los días, apreciándose ya un aroma en el producto (Coretti, 1986).

Para la elaboración del salami es necesario contar con un ambiente de desarrollo óptimo de las bacterias propias de la pasta cárnica, ya que se necesita de agua, proteínas, vitaminas y carbohidratos (Schiffner, 1978).

1.4.3 Uso de Bacterias Ácido Lácticas (BAL) como cultivos iniciadores

Las BAL comprenden diversas especies de bacterias gram-positivas cuya característica principal es la producción de ácido láctico a partir de los carbohidratos, incluyen cocos de los géneros: *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* y bacilos de los géneros *Lactobacillus* y *Carnobacterium* (Urrego, 2005; Feria, 2007).

Moreira en 1993, menciona que las BAL, probablemente sea el grupo más abundante y difundido en la naturaleza, debido a la capacidad que poseen de crecer en una variedad de sustratos y en diversas condiciones biológicas (Moreira, 1993). Dentro de las BAL, el género *Lactobacillus* es el más importante y heterogéneo, incluyendo especies con propiedades bioquímicas y fisiológicas muy diferentes (Pájaro, 1996). Las BAL son microaerófilas, son tolerantes a la presencia de CO₂, nitritos, humo y concentraciones de sal relativamente altas y toleran valores de pH bajos, por ello, las condiciones existentes en las carnes envasadas a vacío, en las curadas y en los productos cárnicos favorecen el crecimiento de estos microorganismos. En la carne envasada al vacío los microorganismos dominantes son *Lactobacillus sp*, *Leuconostoc sp* y *Carnobacterium sp* y pueden ser responsables de su alteración, mientras que en los productos fermentados es deseable un buen desarrollo de estas para favorecer la formación de compuestos responsables del aroma y sabor (Feria, 2007).

La utilización de los carbohidratos disponibles en el alimento y la reducción del pH a causa de los ácidos orgánicos producidos, son el principal mecanismo de antagonismo microbiano de las BAL. No obstante, estas bacterias también producen otras sustancias antagonistas dentro de las cuales se destacan el diacetilo, peróxido de hidrógeno, acetaldehído, compuestos no proteicos de bajo peso molecular y las bacteriocinas. Los ácidos orgánicos contribuyen al desarrollo de sabor, aroma y textura de los alimentos, pero también a su estabilidad mediante la inhibición de microorganismos alterantes (Requena, 1995).

La actividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos y del pH es complementaria, siendo la fracción no disociada de los ácidos orgánicos la que posee una mayor actividad inhibitoria debido a su naturaleza lipofílica, ya que pueden atravesar la membrana celular y disociarse en el citoplasma. Estas moléculas pueden ejercer dos efectos: por un lado interfieren con funciones celulares, como puede ser la translocación de sustrato y la fosforilación oxidativa, por otro lado, la disociación de los ácidos orgánicos provoca el incremento de protones en el interior celular. Cuando la concentración de protones excede la capacidad tampón del citoplasma se transportan hacia el exterior mediante bomba de protones, reduciendo de esta manera las reservas energéticas de la célula. Cuando estas reservas se agotan, la bomba de protones se detiene y se provoca el descenso del pH interno, lo cual causa a su vez desnaturalización de las proteínas y desestabilización de otros componentes estructurales y funcionales de las células (Requena, 1995; Urrego, 2005).

Las BAL pueden sobrevivir y desarrollarse en presencia de pH relativamente bajo a diferencia de otros grupos microbianos con metabolismo respiratorio (Urrego, 2005).

Las BAL producen compuestos no proteicos durante su crecimiento dentro de los que se encuentra la reuterina. Esta sustancia a diferencia de las bacteriocinas y el peróxido, solo la produce *Latobacillus reuteri*. Su actividad antimicrobiana es extraordinariamente amplia, afectando a bacterias Gram positivas, Gram negativas, levaduras, mohos y protozoos. La reuterina se forma durante la utilización anaerobia del glicerol e inhibe la actividad de la enzima ribonucleótido reductasa involucrada en la síntesis del DNA, lo que determina su amplio espectro antimicrobiano (García, 2002).

Metabolitos del oxígeno: El crecimiento de BAL en medios aerobios conduce a la formación de varios metabolitos como el peróxido de hidrógeno, aniones superóxido y radicales libres,

que poseen un efecto bacteriostático y bactericida frente a la flora láctica y no láctica. El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) funciona como un fuerte oxidante que produce radicales libres capaces de atacar los componentes celulares esenciales, lípidos, proteínas y DNA. La acumulación del H_2O_2 en los medios de cultivo, se debe a que las BAL, en general no poseen catalasa (García, 2002).

El uso de BAL como cultivos bioprotectores en carnes trae ciertas ventajas, pues el efecto en las características sensoriales es considerado "oculto" o no percibido durante la maduración, debido al bajo contenido de hidratos de carbono y la fuerte capacidad amortiguadora de la carne. No obstante cuando se van a utilizar cepas bioprotectoras en carnes y sus derivados, los cultivos microbianos deben cumplir características importantes como mantener su efecto inhibitorio a bajas temperaturas y causar un efecto insignificante en el pH de la carne (Lewus, 1991). Lo anterior puede volver más atractivo el uso de extractos crudos o de bacteriocinas purificadas directamente sobre la carne para evitar efectos posteriores. Durante la evaluación de un cultivo productor de bacteriocinas para la fermentación de embutidos o para la bioconservación, es necesario considerar que la carne o los productos cárnicos son sistemas complejos con un número de factores microbianos que influyen su crecimiento y actividad metabólica. Lo anterior indica que el desempeño de los cultivos productores de bacteriocinas requiere ser comprobado antes de su aplicación en alimentos para determinar la influencia que tienen sobre ellos los componentes de la formulación y de la tecnología de fermentación. También pueden interferir factores como cambios en la matriz alimentaria (degradación de proteínas), cambios en la flora microbiana durante la maduración, aumento del número de microorganismos en la carne por contaminaciones externas, requerimientos de componentes específicos para su acción, entre otros (Feria, 2007).

1.4.3.1 *Pediococcus acidilactici*

El género *Pediococcus* comprende los microorganismos pertenecientes al grupo de los cocos Gram positivos, catalasa negativos. Se trata de bacterias esféricas cuya división tiene lugar en dos planos en ángulos rectos con lo que se forman tétradas o pares. Es rara la existencia de células aisladas y no forman cadenas ni esporas. El tamaño celular varía de 0,6-1,0 μm dependiendo de las cepas.

El peptidoglicano de la pared celular de los pediococos está formado por los aminoácidos L-Lys-L-Ala-D-Asp, salvo en el caso de *Pediococcus urinae-equi* que carece en su pared celular del aminoácido D-Asp.

Los pediococos crecen bien en el medio MRS tanto en caldo como en agar (Back y Stackebrandt, 1978). Algunas especies de este género pueden separarse en función de su tolerancia a la temperatura, pH y cloruro sódico. Los pediococos crecen bajo condiciones microaerófilas o anaeróbicas facultativas en todos los habitats que les proporcionen carbohidratos, productos del catabolismo proteico, nucleótidos y vitaminas. Las temperaturas mesófilas les son favorables, y solamente *P. acidilactici* puede crecer a 50 °C. Pueden prevenir o retrasar considerablemente el desarrollo de otros microorganismos competidores e incluso patógenos. Estas propiedades han convertido últimamente a los pediococos en elementos importantes para el control de la calidad microbiológica y tecnológica de la carne y de los productos cárnicos. En este sentido, *P. pentosaceus* y *P. acidilactici* son utilizados, como cultivos iniciadores en la elaboración de los productos cárnicos fermentados (Garvie, 1986, Rivera, 2004).

1.4.3.2 *Lactobacillus plantarum*

El género *Lactobacillus* está comprendida por bacterias en forma bacilar de 0.5 – 1.2 x 1.0 – 10.0 µm, comúnmente se asocian en cadenas cortas, son anaerobias facultativas o microaerófilas, catalasa y citocromo negativos (Foo et al., 1993). Excepcionalmente pueden poseer motilidad, se mueven ayudados por flagelos peritricos. Los *lactobacilos* son auxótrofos quimioorganotróficos, necesitan medios complejos para su crecimiento, degradan la sacarosa para producir lactato. La temperatura óptima de crecimiento de los *lactobacilos* está entre 30° – 40 °C (Foo et al., 1993; Morishita et al., 2006). Su hábitat natural es variado pudiéndolos encontrar en el aparato gastrointestinal de mamíferos y aves, así como en alimentos de origen lácteo (Holt et al., 1998; Callon et al., 2004).

1.4.4 Beneficios tecnológicos

Los compuestos generados durante el proceso imparten al embutido sabores y aromas agradables.

La disminución en el pH, originada por la producción de ácido láctico, impide el desarrollo de microorganismos patógenos como *Staphylococcus aureus*, lo que proporciona un margen más amplio de la seguridad sanitaria y aumenta la vida útil de los embutidos. El punto isoeléctrico de las proteínas de la carne se encuentra entre 5.1 y 5.5; cuando el pH disminuye por debajo de este valor las proteínas se desnaturalizan y se agregan generando una textura firme, característica de este tipo de embutidos. La fermentación permite que la pérdida de humedad del embutido, en el proceso de secado se lleve a cabo uniformemente y, por lo tanto, se pueda obtener un producto de textura homogénea, esto se debe a que conforme el pH se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas, menor es su capacidad de retención de agua (Hernández, 2003).

1.4.5 Calidad de los embutidos madurados

Los factores que determinan la aceptabilidad o “calidad” de los productos cárnicos madurados por el consumidor incluyen el tipo, el color, sabor, dureza, textura, frescura, los cuales están determinados por la calidad de la materia prima cárnica y los ingredientes utilizados, el tratamiento térmico y las condiciones de almacenamiento, así como la aplicación de diferentes especies de BAL como iniciadores (Shiffner, 1978; Coretti, 1986; Prändl, et. al. 1994)

1.4.6 Análisis de perfil de textura TPA

Los parámetros para evaluar la textura de un alimento se agrupan en características mecánicas, geométricas y otras. El análisis de perfil de textura o TPA (por sus siglas en inglés), es una metodología que se basa en la percepción de la textura como la suma de las propiedades mecánicas de un alimento que pueden ser cuantificadas y que se organizan según su aparición en: *iniciales* o *primarias* y *masticatorias* o *secundarias*. Las iniciales son las características percibidas al primer mordisco como son la dureza, viscosidad, adhesividad, cohesividad y elasticidad y las masticatorias son aquellas características percibidas durante la fase de masticación como la gomosidad, masticabilidad y fracturabilidad. El TPA es un método instrumental, que consiste en simular las condiciones del alimento en el proceso de la masticación, al comprimirlo dos veces de forma consecutiva entre dos superficies planas, que genera una curva de fuerza vs. Tiempo (Figura 9), de

donde se obtiene los valores de las características mecánicas del alimento (Honikel K. 1998; Caine, 2003; Szczesniak, A 2002)

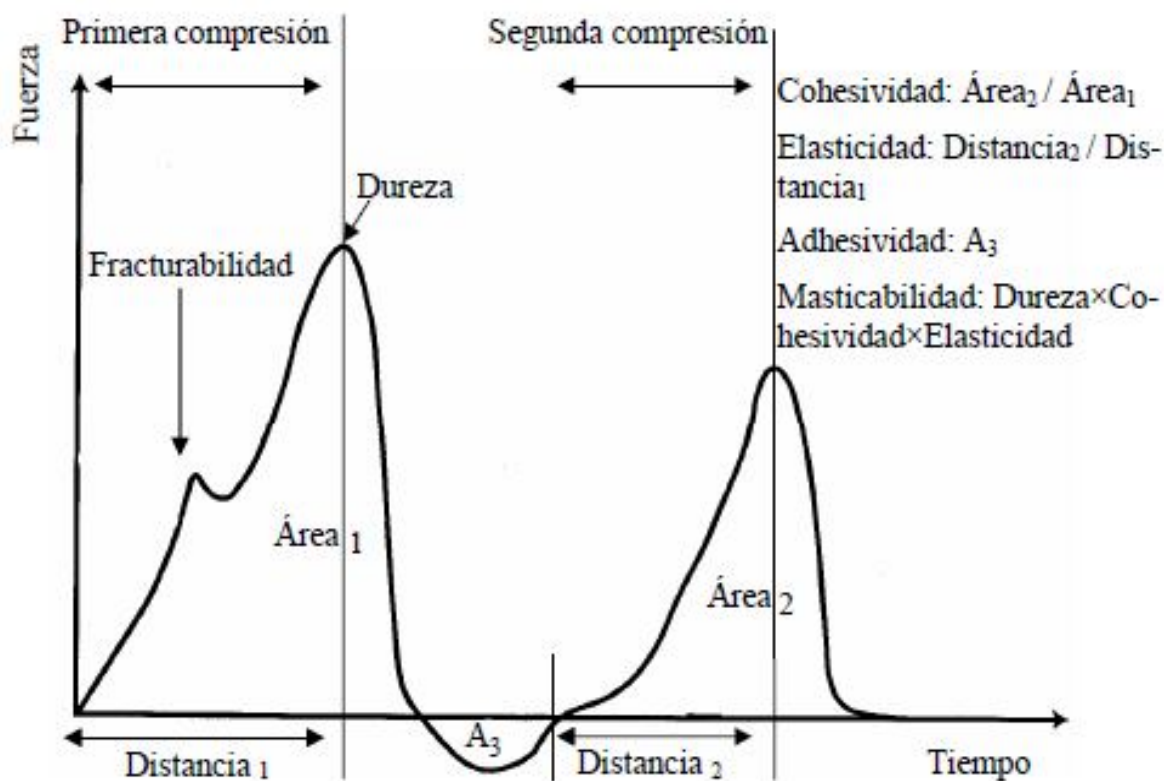

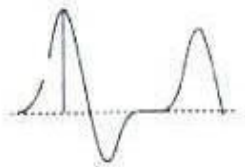

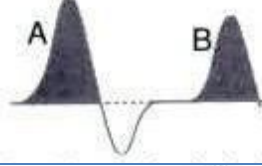



Figura 9 Gráfica de Análisis de Perfil de Textura.

Fuente: Ruíz, 2005

A partir de la curva obtenida se calculan los diferentes parámetros texturales (Tabla 7).

Tabla 7 Parámetros de medición en un Análisis de Perfil de Textura (TPA) y su relación con las características sensoriales

PARÁMETRO	DEFINICIÓN SENSORIAL	DEFINICIÓN INSTRUMENTAL	UNIDADES
Dureza	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares	 <p>Fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión.</p>	Se expresa en unidades de fuerza kg., g, Newton
Elasticidad	Es una medida de cuanto estructura original de la muestra se ha roto por la compresión inicial.	 <p>Altura que recupera el alimento durante el tiempo que recorre entre el primer ciclo y el segundo = $L2/L1$</p>	Adimensional Una longitud dividida por otra longitud.
Adhesividad	El trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie.	 <p>Siguiendo al primer ciclo de compresión, se elimina</p>	No existen medidas reales de este parámetro, que se expresa en unidades del integrador interno del ordenador $kg \times s$ ó $g \times s$
Cohesividad	La fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento		Adimensional
Fracturabilidad	La fuerza a la que el material se fractura		Se expresa en unidades de fuerza kg, g, Newton
Masticabilidad	La energía requerida para desintegrar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado.	= Dureza x Cohesividad x Elasticidad	kg
Gomosidad	La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado.	= Dureza x Cohesividad	kg

Fuente: Ramírez, 2005

1.4.7 Color

Los instrumentos utilizados en la evaluación del color de la carne y los productos cárnicos se clasifican en *destructivos* (extracción y cuantificación de pigmentos) y *no destructivos* (colorímetro y espectrofotómetro). En la primera clasificación como su nombre lo dice, las muestras utilizadas sufren alteraciones que dificultan su uso en pruebas posteriores, además de esta desventaja existen otros inconvenientes como son la obtención de una muestra representativa y la conversión de mioglobina a sus estados químicos que arrojan resultados erróneos del color de la superficie de la carne, por lo anterior se han desarrollado métodos no destructivos (Alvarado, 2001; AMSA, 1991). Los métodos no destructivos están diseñados para evaluar el color de las muestras sin alterar su estructura y composición. El *colorímetro* es un instrumento donde la luz reflejada por la muestra iluminada, pasa a través de filtros de color que procesan los valores triestímulo (x , y y z) utilizados para determinar L^* , a^* y b^* (Figura 29). Mientras que el *espectrofotómetro*, mide la cantidad de luz reflejada por la muestra en una serie de intervalos de longitud de onda (λ) con los que se puede conocer los valores de L^* , a^* y b^* (Alvarado, 2001; AMSA, 1991; Honikel, 1998; X-Rite, 2002)

Los atributos para evaluar el color son *el matiz*, *la saturación* y *la claridad*. El *matiz* o tono es la longitud de la onda de la radiación luminosa o percepción del color. El *chroma* describe la intensidad del color, su pureza o saturación y el *valor* es la intensidad luminosa, conocido como claridad o brillo (Ferguson, 2008)

A través de los años, se han generado diversos sistemas o escalas para la evaluación del color, siendo hoy en día el sistema CIELAB el más utilizado (Figura 18). Este sistema fue publicado en 1976 por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), en español Comisión Internacional de Iluminación que se basa en el sistema Munsell, el cual constituyó la plataforma para la elaboración de las escalas utilizadas en la medición instrumental del color (Alvarado, 2001).

1.4.8 Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (a_w), se define como la relación entre la presión de vapor en equilibrio del alimento y la presión de vapor en equilibrio del agua pura a la misma temperatura (Vaduz, 1993. Ruiz de Huidobro, et al., 2003).

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

Donde: P = Presión de vapor del alimento y P_0 = Presión de vapor del agua pura

Es una propiedad intrínseca que predice la estabilidad y vida de anaquel de un alimento con valores que van de 1.0 a 0 (Tabla 8). Los valores de actividad de agua cercanos a 1.0 son más inestables debido al desarrollo de reacciones químicas y enzimáticas y al crecimiento de microorganismos (Vaduz, 1993).

Tabla 8 Actividad de agua de algunos alimentos

Alimento	a_w
Fruta fresca	0.97
Huevo	0.97
Carne	0.97
Fruta seca	0.73
Galleta	0.35
Azúcar	0.1

Fuente: Vaduz et al., 1993

La carne puede tener un alto contenido de bacterias patógenas como resultado de malas prácticas durante su manejo, las cuales se desarrollan a, a_w de 0.9, por ello durante su producción se deben de seguir los lineamientos y reglamentos para disminuir los focos de contaminación. A mediados del siglo pasado diversos autores desarrollaron métodos y técnicas para la medida de la actividad de agua en un alimento, sin embargo, en la actualidad se utilizan los higrómetros y psicrómetros por la rapidez de las lecturas (Alarcón, 2007).

El medidor de actividad de agua Aqualab Series 3 mide la a_w de las muestras siguiendo la metodología de punto de rocío (Figura 10).

En este tipo de instrumentos la muestra se equilibra dentro de una cámara sellada que contiene un espejo que permite detectar la condensación en él. En el punto de equilibrio la humedad relativa del aire en la cámara es el mismo que la a_w de la muestra. Una célula fotoeléctrica y un termistor detectan el punto exacto en el que se produce la condensación y la temperatura, respectivamente. La técnica es por medio de punto de rocío, por medio de un sensor de infrarrojo para determinar la temperatura superficial de las muestras (Decagon Devices Inc.).



Figura 10 Equipo para medir actividad de agua Aqualab

JUSTIFICACIÓN

En México la producción de animales para carne está basada primordialmente en sistemas pastoriles, donde cerca del 80% son producidos de este modo según cifras de la SAGARPA. En la presente investigación y con base en la utilización de carne de bovino producida en pastoreo en un rancho experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, se busca ofrecer alternativas de conservación para esta materia prima cárnica, con el desarrollo de productos cárnicos de alto valor agregado. Cabe resaltar que tanto para consumo en fresco, como para la elaboración de los diversos productos cárnicos procesados, tradicional y comercialmente, se prefiere el uso de carne de los cuartos traseros, debido a que poseen una mayor ternura, palatabilidad y jugosidad, por el contrario, la carne de los cuartos delanteros, debido al ejercicio y por consiguiente la composición de sus macro y microestructuras, es considerada como de baja o pobre calidad, ya que son más ricos en tejido conectivo, de mayor dureza y menor jugosidad, según diversos estudios de caracterización de la carne. En este trabajo se utilizaron para las formulaciones de los productos cárnicos madurados tipo salami, carne de bovinos alimentados con granos y alimentados al pastoreo, con objeto de evaluar el impacto de la forma de producción en las características de los productos desarrollados. Son ampliamente reconocidos los beneficios tanto sanitarios como tecnológicos que se producen debido a la aplicación de BAL como cultivos iniciadores en fermentaciones cárnicas, sin embargo es relevante mencionar que en este trabajo además se busca establecer el efecto de la microbiota presente en la materia prima cárnica, la cual es capaz de producir una fermentación espontánea, respecto de productos en los que la fermentación se produce de una manera controlada. Como parte de estos beneficios la acidificación es responsable del proceso de desnaturalización de las proteínas cárnicas la cual será responsable de las características texturales producidas, asimismo del desarrollo del color en estos productos tipo salami. Se sabe que dentro de los géneros de las BAL existen diversas especies utilizadas como iniciadores, sin embargo también debe resaltarse que estas mismas son consideradas como alterantes, sobre todo cuando producen fermentaciones fuera de control, capaces de desarrollar coloraciones defectuosas. Por este motivo en esta investigación se buscó identificar los beneficios de al menos dos diferentes iniciadores. Las BAL son consideradas como microorganismos productores de sustancias con actividad antibacteriana por lo que son utilizadas en la industria alimentaria para controlar la microbiota presente, al inhibir el crecimiento de bacterias patógenas y alterantes. En este trabajo se estableció la comparación de diferentes condiciones de almacenamiento en términos de humedad relativa y temperatura durante la fermentación de las pastas cárnicas.

HIPÓTESIS

La microbiota de la carne es capaz de producir fermentación espontánea en una pasta cárnica, sin embargo el uso de cultivos iniciadores favorece el control de la fermentación en productos cárnicos madurados, así como el proceso de acidificación que permite un mejor desarrollo de color y la desnaturalización de las proteínas de la carne que producen el desarrollo de mejores características texturales.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de cultivos iniciadores de *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 frente a la fermentación espontánea de embutidos cárnicos, elaborados a partir de carne de bovino y cerdo en algunas de las características mecánicas, físicas y fisicoquímicas durante la maduración.

Objetivos particulares

- Elaborar embutidos cárnicos madurados a base de carne de cuarto delantero de bovino, cuarto trasero de cerdo y lardo de cerdo, adicionados o no de *Pediococcus acidilactici* o *Lactobacillus plantarum*.
- Evaluar la evolución del color en embutidos cárnicos madurados, en lotes de salamis fermentados espontáneamente o inoculados con *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014.
- Evaluar el efecto de la aplicación de cultivos iniciadores *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 o fermentados espontáneamente, en el perfil de textura de embutidos cárnicos madurados elaborados con carne de cuarto delantero de bovino, cuarto trasero de carne de cerdo y lardo de cerdo.
- Evaluar la evolución de la a_w en embutidos cárnicos madurados en lotes de salamis fermentados espontáneamente o inoculados con *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014, bajo diferentes condiciones de humedad relativa y temperatura.

CAPITULO 2

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

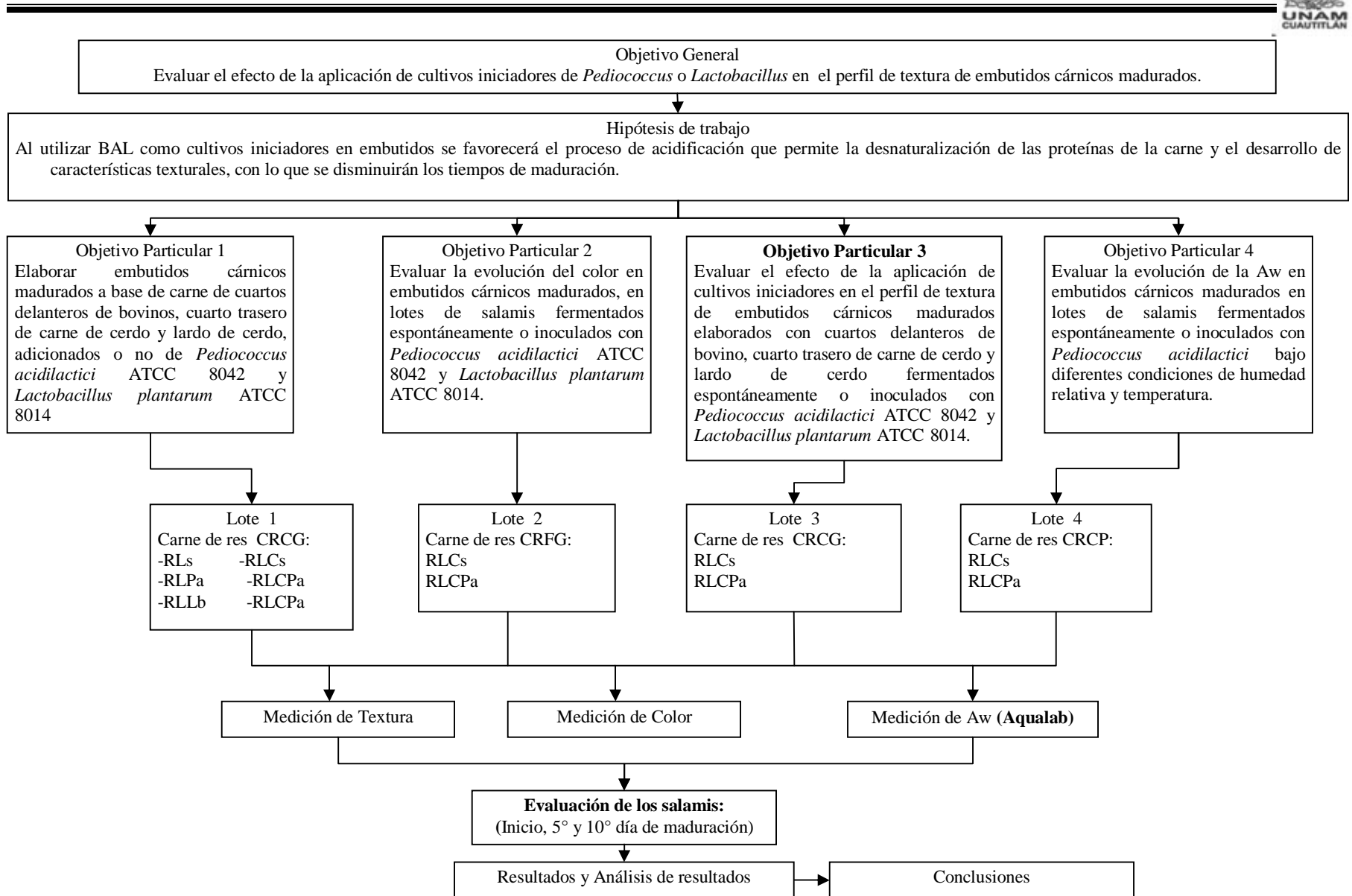


Figura 111 Cuadro Metodológico

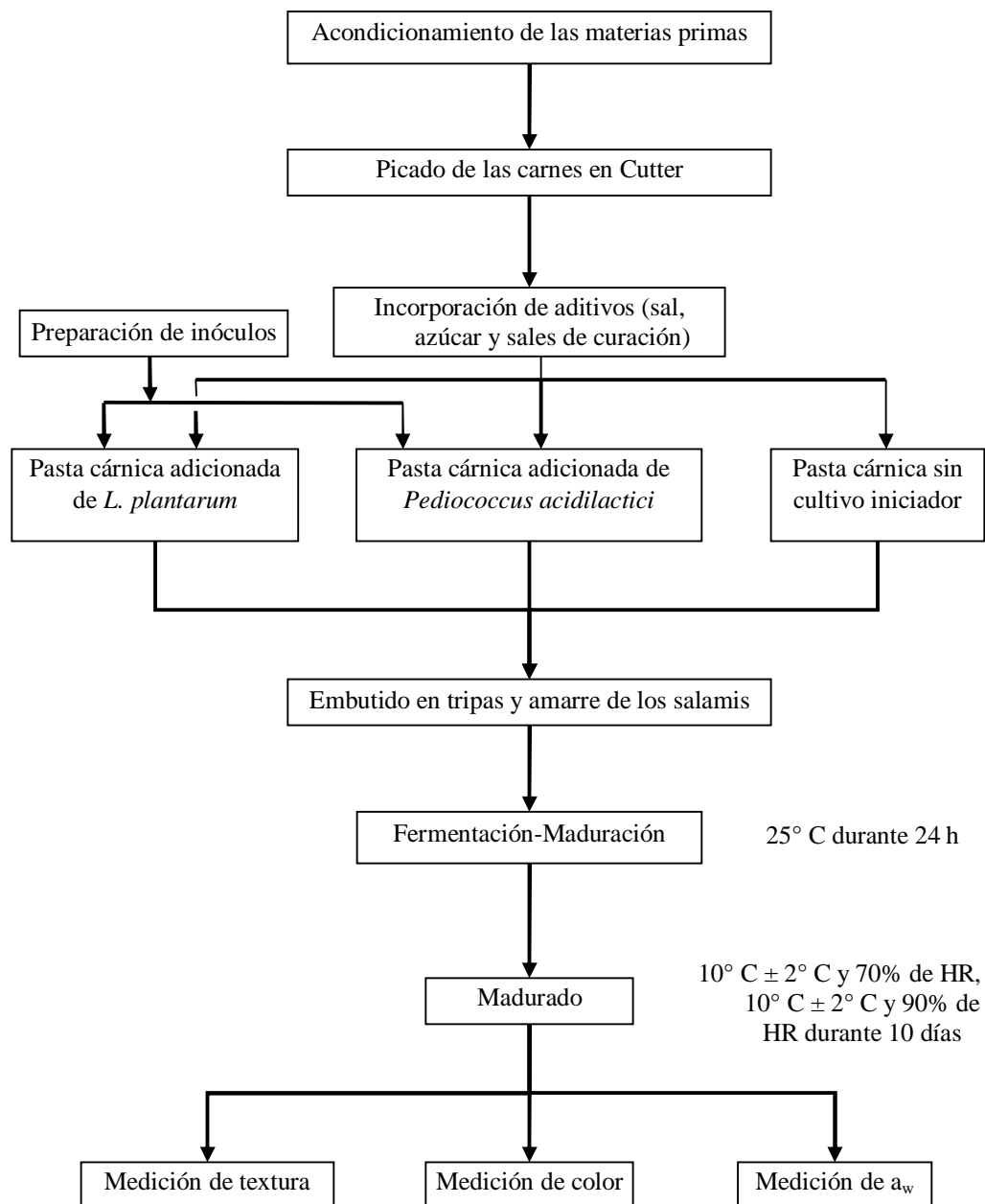


Figura 12 Diagrama del proceso de elaboración de salamis

2.1. Preparación del inóculo

Material, reactivos y equipos empleados:

- Cepas de *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014
- Matraces de cultivo con rosca de 250 y 500 ml
- Tubos cónicos estériles de 50 ml
- Caldo MRS modificado
- Balanza de 2 platos (Ohaus)
- Centrífuga Centra CL2 Mod. Thermo IEC
- Incubadora Labline Mod. 4628CCGM
- Campana de flujo laminar (Nuaire)

Se preparó el preinóculo a partir de un pellet liofilizado de cada una de las cepas de *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 y por separado se cultivaron en matraces de 200 ml con 100 ml de caldo MRS modificado. Se incubaron a 30°C durante 24 horas. Al término de esta incubación, se inocularon al 2% nuevamente en matraces de cultivo de 500 ml con 200 ml de caldo MRS modificado para cada cepa y se incubaron bajo las mismas condiciones durante 8 horas. Se cosecharon las células mediante centrifugación a 3,500 rpm durante 30 min en tubos cónicos estériles a 3500 rpm durante 30 minutos (Figuras 13 y 14) (Rivera, 2004).



Figura 13 Preparación de cultivos



Figura 14 Incubación de los medios de cultivos

2.2.Elaboración de modelos experimentales (salamis)

En la elaboración de los modelos experimentales se empleó carne de res del cuarto delantero de bovino, carne de cerdo (pierna), lardo de cerdo y tripas naturales como materias primas.

La carne de res es proveniente de un rancho experimental de la Facultad de MVZ de la UNAM, ubicado en el municipio de Martínez de la Torre en el Estado de Veracruz.

- Carne Congelada de Res proveniente de bovinos de cruza europeas, alimentados con granos (CRCG)
- Carne Congelada de Res proveniente de bovinos de cruza europeas, alimentados al pastoreo (CRCP)

Carne de res proveniente de un sistema de producción en Aguascalientes.

- Carne de Res Fresca proveniente de bovinos de cruza europeas, alimentados con granos (CRFG)

Esta carne fue obtenida a partir de ganado alimentado mediante dos sistemas diferentes: ganado alimentado a base de granos (CRCG) en confinamiento y ganado alimentado al pastoreo (CRCP).

La carne de cerdo (Figura 15), el lardo (Figura 16) y las tripas (Figura 17) provienen del rastro TIF No 94 (San Lorenzo) ubicado en el Municipio de Cuautitlán Izcalli.



Figura 15 Carne de cerdo



Figura 16 Lardo de cerdo



Figura 17 Tripa natural de cerdo

Para la evaluación de las variables de respuesta se desarrollaron formulaciones a base de las siguientes materias primas:

- Res-Lardo (RL)
- Res-Lardo-Cerdo (RLC)

Se prepararon lotes adicionados o no de cultivos iniciadores:

- Res-Lardo-sin inóculo (RLs)
- Res-Lardo-con *Lactobacillus plantarum* (RL-Lb)
- Res-Lardo-con *Pediococcus acidilactici* (RL-Pa)
- Res-Lardo-Cerdo- sin inóculo (RLCs)
- Res-Lardo-Cerdo con *Lactobacillus plantarum* (RLC-Lb)
- Res-Lardo-Cerdo con *Pediococcus acidilactici* (RLC-Pa)

2.3. Acondicionamiento de las materias primas

Para la elaboración de los modelos experimentales se procedió al acondicionamiento de las materias primas. La carne congelada de res en bloques de 18-20 kg se encontraba empacada en bolsas de plástico al alto vacío y embalaje en cajas de cartón. Fue descongelada y cortada en cubos de aproximadamente 5x5 cm, al igual que la carne de cerdo y el lardo en cubos de 3x3 cm. Los cortes fueron realizados en el Taller de Carnes de la FESC C4 (Figura 18).



Figura 18 Acondicionamiento de la Carne

Una vez cortados la carne y el lardo se empacaron en bolsas de plástico, fueron pesados, empacados al vacío y colocados en una cámara de congelación.

Para el desarrollo de los salamis se utilizó “El diseño de la hoja de cálculo para el desarrollo de formulaciones cárnicas” (Guerrero, 2006), la cual se basa en un balance de proteína-grasa, para la obtención de productos funcionales al menor costo, que cumplan con las normas de calidad (Tabla 9).

Tabla 9 Formulación de los salamis

RES-LARDO	%	RES-LARDO-CERDO	%
Carne de res	67.0	Carne de res	38.5
Lardo	29.5	Carne de cerdo	38.5
Sal	2.0	Lardo	19.5
Sacarosa	1.0	Sal	2.0
Sal cura	0.5	Sacarosa	1.0
		Sales de curación	0.5
Total	100.00	Total	100.0

Fuente: Guerrero, 2006

El picado de las carnes se realizó en un equipo cutter (Hobart, Mod. 84181D) con capacidad para 15 kg de producto (Figura 19). Primero se incorporó al plato del equipo la carne de res, enseguida la carne de cerdo y por último el lardo (Figura 20), una vez hecha la pasta se incorporaron los aditivos (sal, azúcar y sales de curación) (Figura 21).



Figura 19 Molienda de carne de res

Figura 20 Incorporación de lardo

Figura 21 Pasta cárnica

El mezclado de las carnes y el lardo permitió la formación de una pasta gruesa, con diámetro de partícula de aproximadamente 3mm (Figura 22), al lote de embutidos inoculados, enseguida se adicionaron 10 ml de cultivo iniciador en fase logarítmica (*Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 y *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 1×10^9 UFC/ml); y se mezclaron homogéneamente con la pasta cárnica (Figura 23).



Figura 22 Adición de cultivo iniciador

Las tripas naturales previamente lavadas con agua para retirar el exceso de sal y verificar que no tuvieran alguna rasgadura, fueron tratadas con una solución de ácido láctico al 5% esto con la finalidad de eliminar la carga bacteriana de la tripa, además adquiere mejores características para su manejo durante el embutido y en el proceso de maduración, evitando así defectos en el producto. Con ayuda de una embutidora marca: Hollymatic, Mod. M900-0207 (Figura 23), y una vez obtenida la pasta cárnica se realizó el embutido en las tripas y amarre de los salamis (Figura 24).



Figura 23 Embutidora



Figura 24 Embutido y amarre de salamis

Una vez elaborados, los salamis fueron colgados a temperatura ambiente (25°C) durante 24 horas y posteriormente se mantuvieron a diferentes condiciones de almacenamiento.

El empleo de BAL en salamis tiene como finalidad el desarrollo de ciertas características sensoriales. En este trabajo, se elaboraron 3 lotes diferentes de embutidos (Tabla 10), éstos fueron colgados a temperatura ambiente (25°C) durante 24 horas. Posteriormente durante el proceso de fermentación-maduración, se almacenaron a una temperatura de 10°C ± 2°C utilizando la cámara climática (Binder Mod. KBF240) (Figura 25 y 26), bajo dos condiciones diferentes de Humedad Relativa, para el Lote 1 se utilizó una HR del 70% (Figura 25) en tanto para el Lote 2 se utilizaron la HR del 70 y 90% finalmente para el Lote 3 se utilizó cámara climática con HR del 70%, es de mencionar que los salamis fueron almacenados bajo las condiciones antes mencionadas durante 10 días, evaluando las propiedades texturales mediante pruebas de TPA a los días 1, 5 y 10.



Figura 25 Salamis 70% HR



Figura 26 Salamis 90% HR

Tabla 10 Lotes Elaborados

NO LOTE	TIPO DE CARNE	MEDIO DE ALMACENAMIENTO Y CONDICIONES	FORMULACIÓN
1	CRCG Carne congelada de res de animales alimentados con granos (confinados)	Cámara climática $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 70% de HR	RLs
			RLPa
			RLLb
			RLCs
			RLCLb
2	CRCG y CRFG Carne congelada de res y fresca de animales alimentados con grano (confinados)	Cámara climática $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 70% HR Cámara climática $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 90% HR	RLCs
			RLCPa
3	CRCP Carne congelada de res de animales alimentados en pastoreo	Cámara climática $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 70% HR	RLCs RLCPa

2.4. Análisis realizados

2.4.1. Medición de la actividad de agua (a_w)

La a_w se realizó empleando un equipo Aqua Lab marca Decagon Devices (Figura 27), de acuerdo c manual correspondiente.

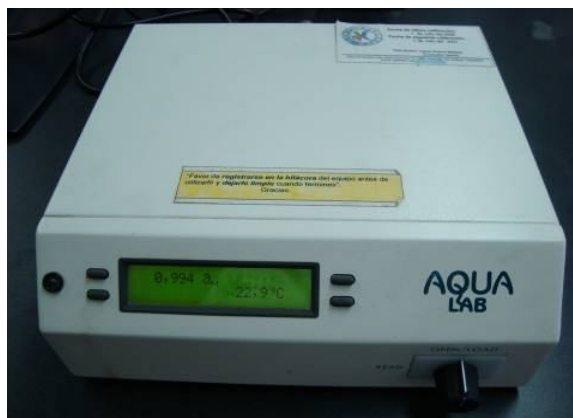


Figura 27 Equipo par medición de a_w

2.4.2. Medición de color

Para la medición de Color se utilizó el equipo AccuProbe HH06, U.S.A (Figura 28), para el cual se obtuvieron las coordenadas de acuerdo con la curva espectral codificada de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) de acuerdo al modo (L^* , a^* , b^*), utilizando el observador (D_{65} con un ángulo de observación de 10°), para esto se utilizaron muestras de salami de 10 g, posteriormente se inicia la prueba, realizando las mediciones para L^* (espectro luz-oscura), a^* (espectro rojo-verde) y b^* (espectro amarillo-azul), teniendo que los valores que se consideraran para esta experimentación serán a^* , debido a que se busca una coloración roja en los embutidos madurados (C.L. Hii, C.L. Law, M. Cloke, S. Suzannah, 2008).



Figura 28 Equipo para medición de color

2.4.3. Medición de Textura

Esta fue medida con la ayuda del Texturómetro modelo TA.XT.plus Texture analyser (Figura 29), que permite simular el proceso de masticación mediante la obtención de curvas de deformación, que representan la relación de la fuerza de compresión con respecto al tiempo de duración del ciclo. Los parámetros determinados fueron Dureza, Cohesividad, Elasticidad, Masticabilidad, Adhesividad y Fuerza adhesiva.



Figura 29 Texturómetro modelo TA.XT.plus para determinación de textura

2.4.3.1. Procedimiento

Se utilizó un cilindro de acrílico de 35 mm de largo y 12 mm de diámetro (Figura 30), celda de 5 kg. La velocidad de ensayo fue de 2.5 mm/s y una distancia de 6mm de compresión, respecto de las muestras de salami, estas tenían dimensiones de 30 mm de diámetro y 20 mm de altura, y fueron obtenidas de cada lote de salami, el día de su preparación y tras días 5, 10 y 15 días de fermentación-maduración, asimismo se realizó una medición por muestra, evaluando la Dureza, Fuerza adhesiva, Cohesividad, Elasticidad y Masticabilidad de los salamis (Bonato, 2006).



Figura 30 Accesorios TAXT.plus

La **Dureza** fue la fuerza máxima obtenida del primer ciclo de compresión. La **Cohesividad**, que se calcula de la relación del área positiva del segundo ciclo (Área 2) con respecto al área positiva del primer ciclo de compresión (Área 1). La **Adhesividad** que es el área negativa del primer ciclo de compresión y representa el trabajo necesario para despegar el émbolo de la superficie de la muestra (Área 3) y finalmente.

La **Elasticidad** que es la altura que la muestra recupera durante el tiempo que transcurre entre el final del primer ciclo (Altura 1) y comienzo del segundo (Altura 2), (Figura 31). (Bonato, 2006)

ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA

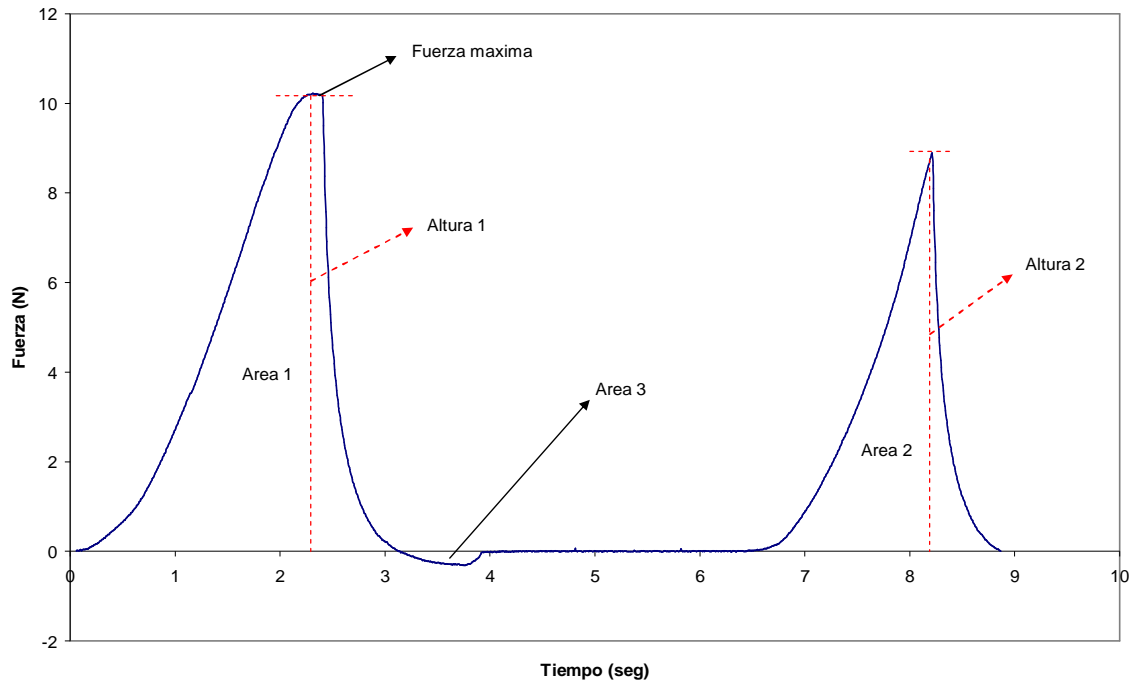


Figura 31 Gráfico obtenido del Análisis de Perfil de Textura

Para el cálculo de valores como el área bajo las curvas y construcción de gráficos fueron utilizados los programas Sigma Plot para Windows Versión 11.0 y Microsoft Excel 2002.

CAPITULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

DE RESULTADOS

3.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó el programa Statistica para Windows Versión 8.0.36, en el cual se ingresaron los datos obtenidos durante las etapas de experimentación, esto con el fin de llevar a cabo el análisis de datos, del cual se evaluaron los valores de significancia de las variables involucradas.

3.2 Análisis de perfil de textura

En este tipo de embutidos los principales fenómenos bioquímicos que afectan a los componentes se dan durante la fermentación de los carbohidratos, las reacciones de curado, las degradaciones de los lípidos (lipólisis y oxidación lipídica) y de las proteínas (proteólisis).

Es de gran importancia mencionar que las proteasas del músculo son fundamentales para el desarrollo de la suavidad y la calidad de la carne durante la maduración, ya que el músculo contiene diversos tipos de proteasas y sus propiedades fisicoquímicas y catalíticas, pueden variar según la edad, dieta, ejercicio y temperatura del hábitat entre otros. El manejo del animal y del músculo *post-mortem* puede tener un efecto profundo en la actividad de las enzimas endógenas que actúan para producir ablandamiento *post-mortem* (Hui, 2006).

En este proyecto se evaluaron los resultados obtenidos de la experimentación en el lote 1 (Tabla 11), en la cual se muestran los resultados logrados en el análisis de perfil de textura TPA, utilizando carne congelada de animales alimentados con granos (confinados).

Tabla 11 TPA en salamis elaborados con carne congelada de res de animales alimentados con granos (CRCG)

Formulación	Tiempo (Días)	Inóculo	Dureza (N)	Adhesividad	Fuerza adhesiva (N)	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad (N)
RL	1	Sin inóculo	3.59	3.5922	-0.0065	-0.1953	0.6843	0.8750
RL	1	<i>Lb. plantarum</i>	5.34	5.3412	-0.0102	-0.2031	0.6262	0.4850
RL	1	<i>P. acidilactici</i>	4.04	4.0400	-0.0098	-0.1998	0.5613	1.6960
RL	10	Sin inóculo	8.25	8.2474	-0.0043	-0.1804	0.7604	0.3160
RL	10	<i>Lb. plantarum</i>	16.03	16.0329	-0.0080	-0.3668	0.6159	1.6270
RL	10	<i>P. acidilactici</i>	10.52	10.5186	-0.0202	-0.7326	0.5013	1.2530
RLC	1	Sin inóculo	3.24	3.2434	-0.0074	-0.1530	0.6332	0.9790
RLC	1	<i>Lb. plantarum</i>	5.23	5.2279	-0.0074	-0.1673	0.6091	1.1480
RLC	1	<i>P. acidilactici</i>	4.59	4.5861	-0.0085	-0.1764	0.5321	2.4020
RLC	10	Sin inóculo	8.91	8.9054	-0.0081	-0.4325	0.5652	1.8470
RLC	10	<i>Lb. plantarum</i>	10.51	10.5088	-0.0069	-0.5609	0.5759	1.3610
RLC	10	<i>P. acidilactici</i>	10.58	10.5824	-0.0079	-0.4158	0.5576	1.4920

En los lotes adicionados de *P. acidilactici* y *Lb. plantarum* y fermentación espontánea, fermentados-madurados durante 10 días (Figura 32), demostraron resultados altamente significativos ($P=0.021$).

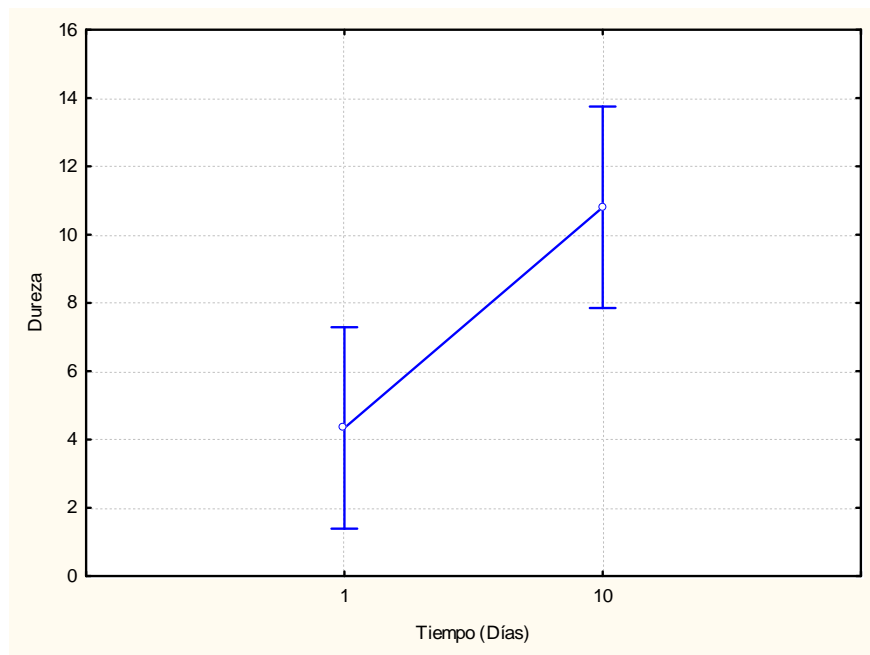


Figura 32 Efecto del tiempo de maduración sobre la dureza de salamis

Tabla 12 Prueba de significancia para la Dureza

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor <i>p</i>
Formulación	1.8552	1	1.8552	0.6578	0.502522
Tiempo	125.2250	1	125.2250	44.3976	0.021790
Inóculo	21.6374	2	10.8187	3.8357	0.206796
Inóculo (Q)	1.9897	1	1.9897	0.7054	0.489369
Formulación*Tiempo	6.2067	2	3.1034	1.1003	0.476129
Formulación*Inóculo	4.0727	2	2.0364	0.7220	0.580726
Tiempo*Inóculo	5.6411	2	2.8205	0.6578	0.502522
Error	1.8552	1	1.8552		

La formulación tuvo un efecto importante en la dureza de los salamis adicionados con *Lb. plantarum* (Figura 33) y formulación Res-Lardo (Figura 34), con un valor que no llegó a ser significativo, lo cual se puede atribuir a la capacidad de acidificación que tuvo el inóculo y su efecto en la estructura del alimento.

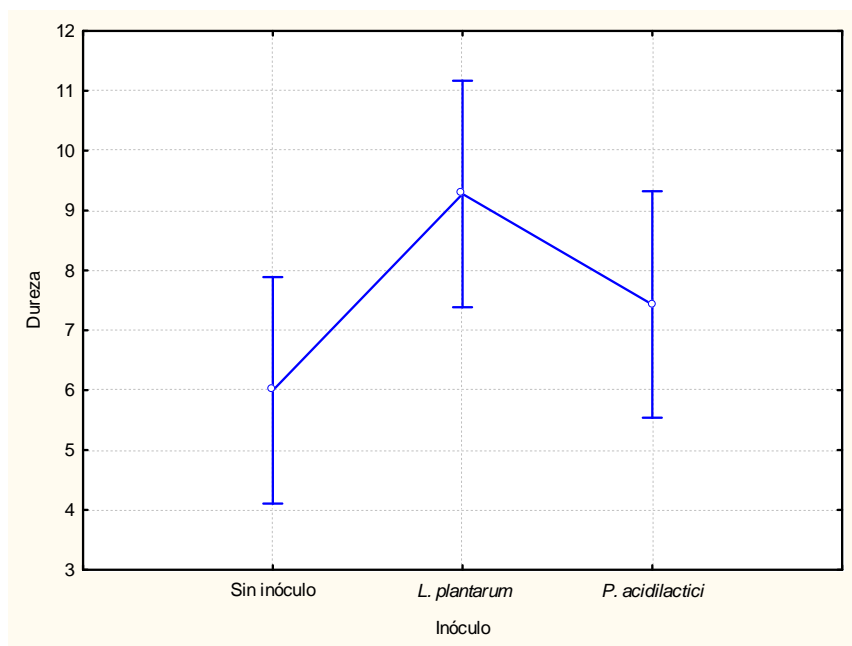


Figura 33 Efecto del inóculo a lo largo del tiempo de maduración sobre la dureza de salamis

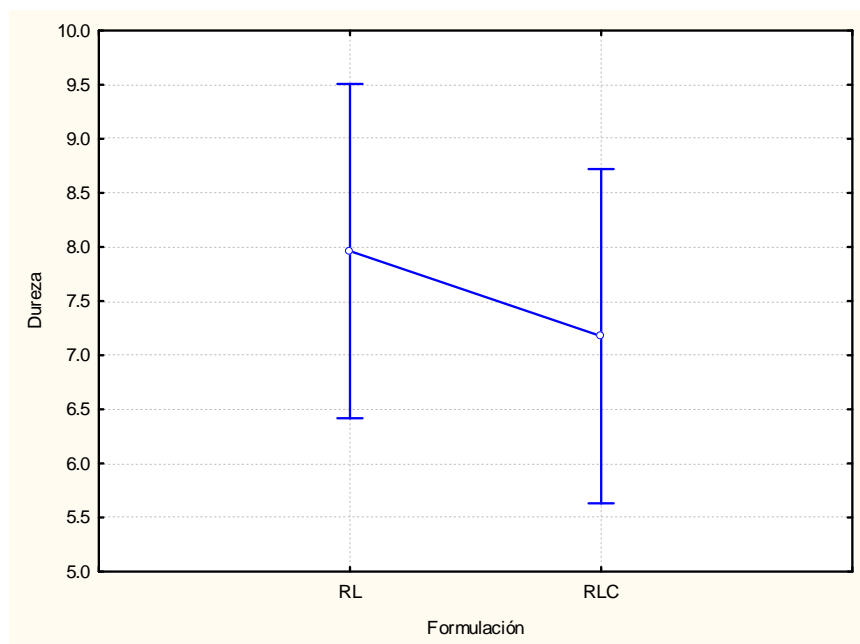


Figura 34 Efecto de la formulación a lo largo del tiempo de maduración sobre la dureza de salamis

Con respecto a la **adhesividad**, los salamis inoculados con *P. acidilactici* (Figura 35) presentaron resultados menores, al presentar una menor resistencia al momento de despegar el émbolo de la superficie de la muestra. Del mismo modo al comparar las formulaciones de RL y RLC (Figura 36), se observó que los salamis con formulación de RLC, registraron una mayor adhesividad que los RL.

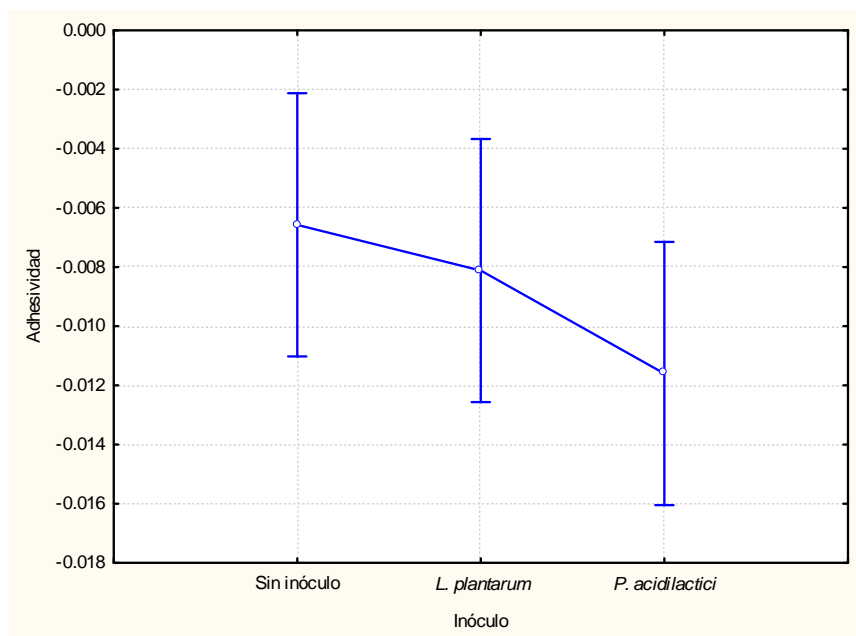


Figura 35 Efecto de la adición de inóculo sobre la Adhesividad de salamis a lo largo de la maduración

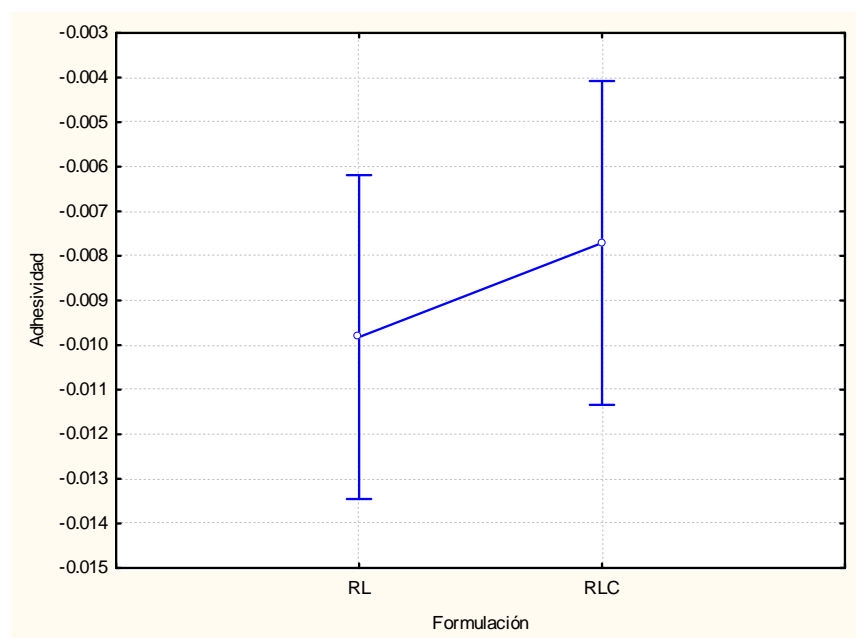


Figura 36 Efecto de la formulación sobre la Adhesividad de salamis a lo largo de la maduración

Es importante mencionar que conforme transcurrió el tiempo de maduración la fuerza adhesiva fue disminuyendo, conforme transcurría la maduración, teniendo que al día 10 de maduración se presentó el resultado más bajo (altamente significativo) (Figura 37) con un valor de significancia $P=0.012$ (Tabla 13). La formulación no presentó significancia.

Tabla 13 Prueba de significancia para la Fuerza Adhesiva

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor <i>p</i>
Formulación	0.000065	1	0.000065	0.00338	0.955292
Tiempo	0.211758	1	0.211758	10.98214	0.012872
Inóculo	0.040178	2	0.020089	1.04184	0.401723
Error	0.134975	7	0.019282		

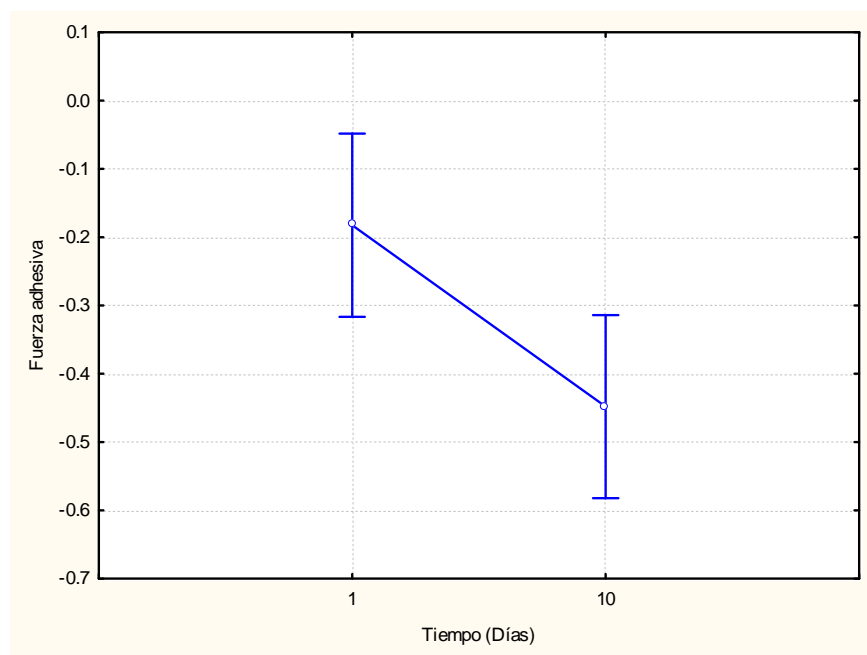


Figura 37 Efecto de la formulación sobre la Fuerza adhesiva de salamis a lo largo de la maduración

Asimismo en relación al cultivo iniciador se tuvo que los salamis inoculados con *P. acidilactici* registraron los menores valores de fuerza adhesiva, sin embargo esta variable no fue significativa (Figura38).

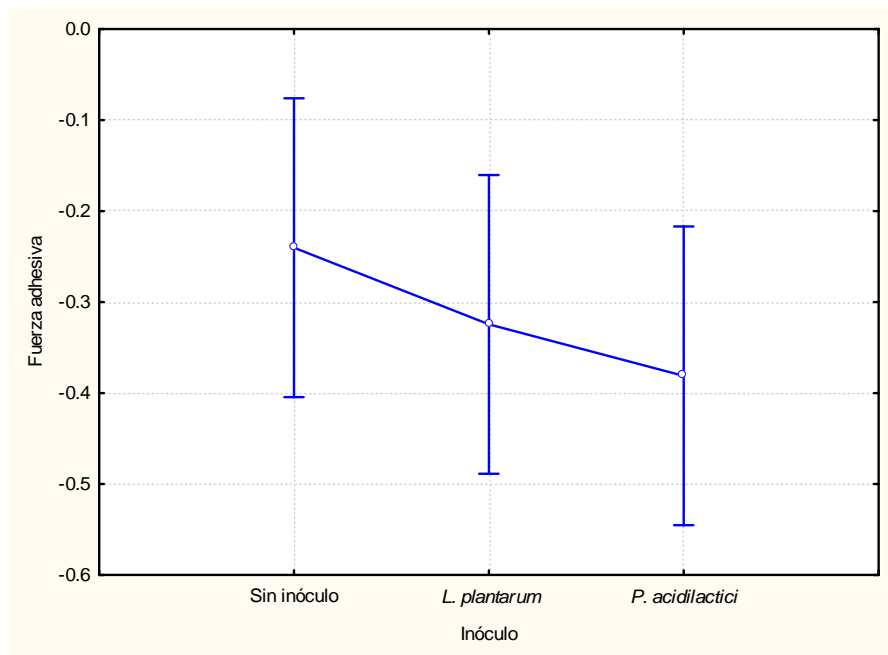


Figura 38 Efecto del inóculo sobre la Fuerza adhesiva de salamis a lo largo de la maduración

Posteriormente se evaluó **cohesividad** (Figuras 39 y 40), donde el uso de *Pediococcus acidilactici* como inóculo presentó una alta significancia ($P=0.029$), respecto de los no inoculados o adicionados de *L. plantarum*, los cuales no presentaron resultados significativos (Tabla 14).

Tabla 14 Prueba de significancia para la Cohesividad

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor p
Formulación	0.006372	1	0.006372	2.574	0.152653
Tiempo	0.000407	1	0.000407	0.164	0.697354
Inóculo	0.030273	2	0.015136	6.115	0.029099
Error	0.017326	7	0.002475		

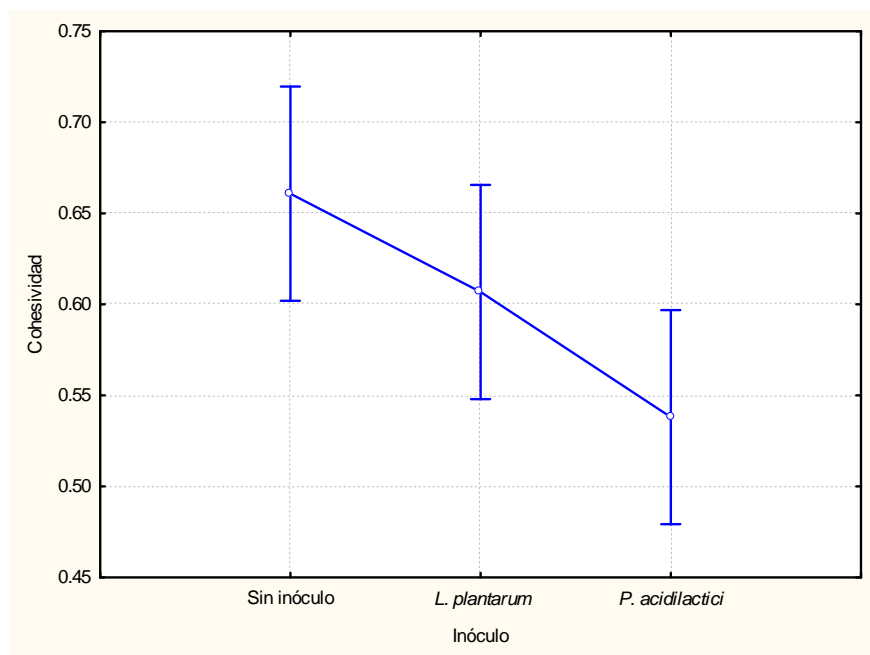


Figura 39 Efecto del inóculo sobre la Cohesividad de los salamis a lo largo de la maduración

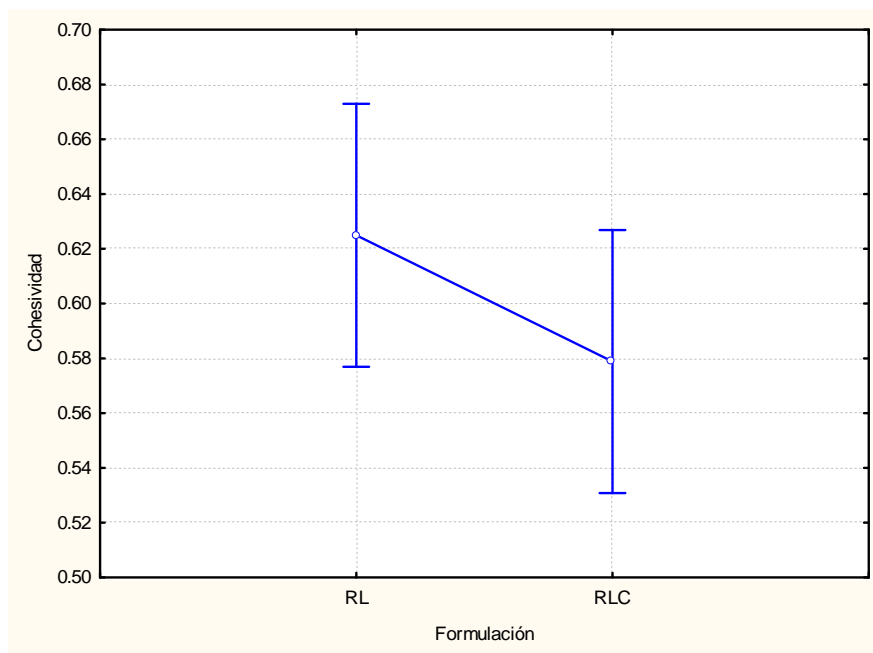


Figura 40 Efecto de la formulación sobre la Cohesividad de los salamis a lo largo de la maduración

Con relación a la **elasticidad**, parámetro que permitió conocer el comportamiento de la estructura del alimento al ser sometido a una fuerza de compresión, se pudo observar que el uso de cultivos iniciadores, respecto de los no inoculados (Figura 41) y la formulación

muestran un efecto (Figura 42), sin embargo los resultados no llegaron a ser significativos, asimismo los salamis RLC inoculados con *P. acidilactici*, tuvieron los parámetros de elasticidad más altos.

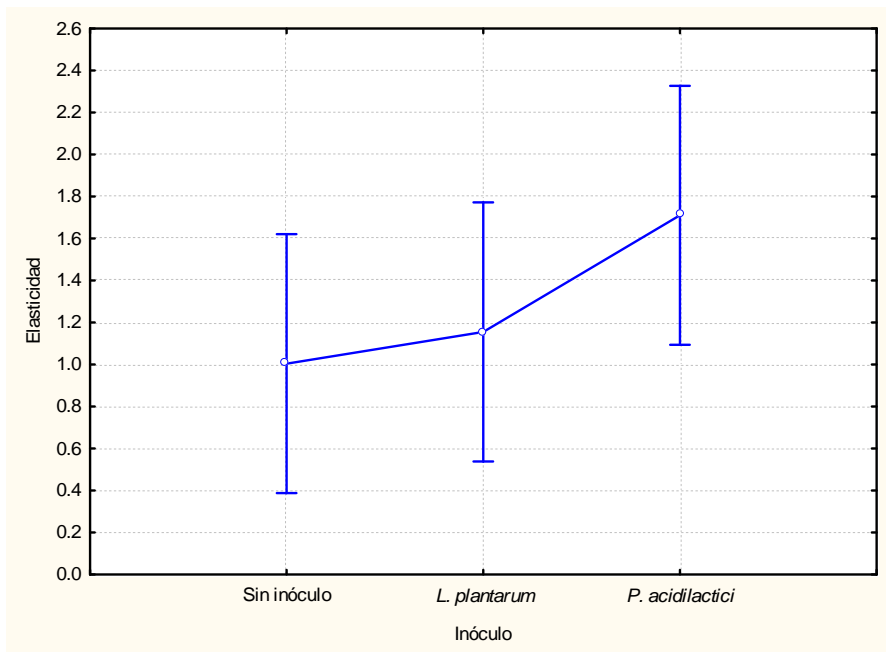


Figura 41 Efecto de la formulación sobre la elasticidad de los salamis a lo largo de la maduración

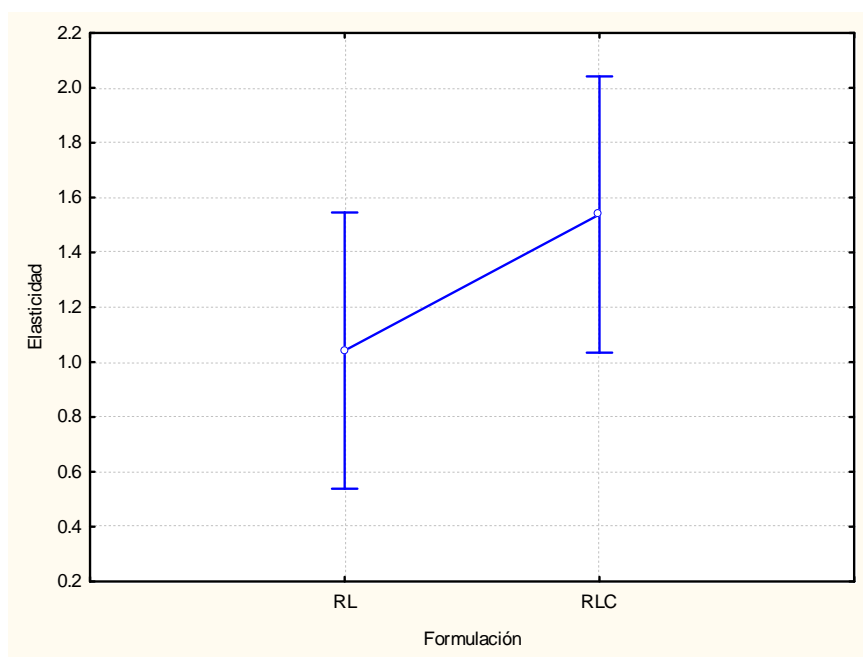


Figura 42 Efecto de la adición de inóculos sobre la Elasticidad a lo largo de la maduración

Finalmente se evaluó la **masticabilidad** que se define como la energía requerida para desintegrar el alimento sólido, y es resultado de la relación de la Dureza, Cohesividad y Elasticidad. En este caso el tiempo tuvo el efecto más importante y altamente significativo con un valor $P=0.038$ (Tabla 15), al día 10 de maduración (Figura 43).

Tabla 15 Prueba de significancia para la Masticabilidad

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor p
Formulación	0.2483	1	0.2483	0.02254	0.884882
Tiempo	71.0238	1	71.0238	6.44987	0.038683
Inóculo	34.4475	2	17.2237	1.56413	0.274454
Error	77.0817	7	11.0117		

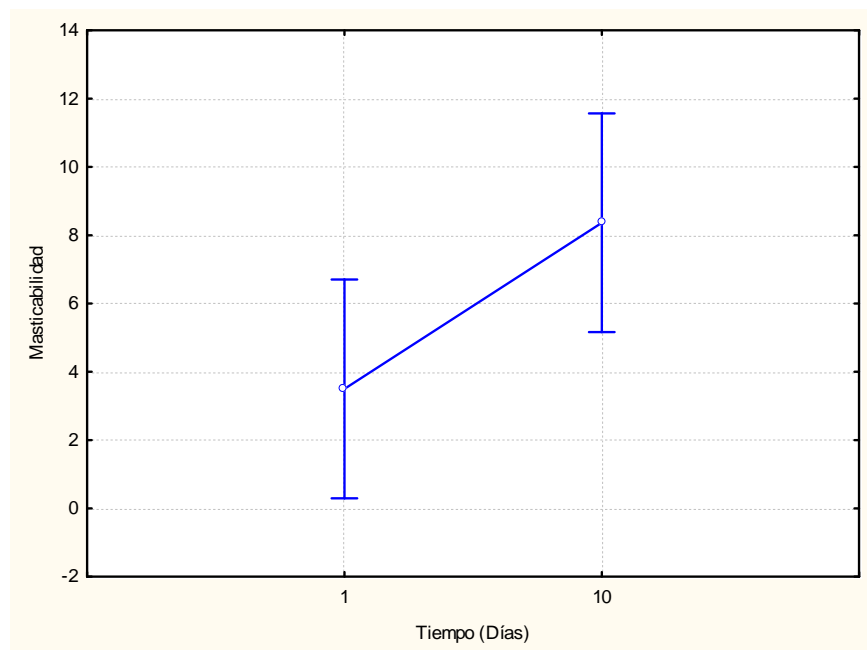


Figura 43 Efecto del tiempo de maduración sobre la masticabilidad de los salamis

Asimismo, un factor de importancia en la elaboración de los embutidos, fue el contenido de grasa de las formulaciones utilizadas, ya que la incorporación de la misma facilita la masticabilidad, según los resultados obtenidos en este trabajo. (Figura 44) Ruíz, 2005;

Texpa, 2010, mencionan que los cambios en la composición de lípidos se derivan de la acción lipolítica de los cultivos iniciadores y de la microbiota en los salamis fermentados espontáneamente.

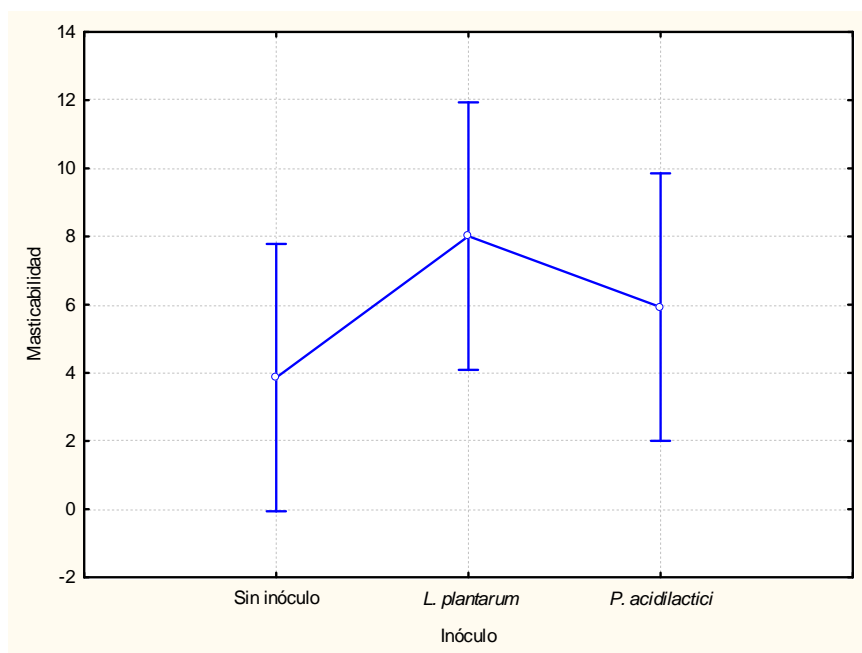


Figura 44 Efecto del inóculo sobre la masticabilidad de los salamis a lo largo de la maduración.

Bajo estas condiciones de experimentación se tiene que las formulaciones donde se utilizó carne de res-lardo-cerdo (RLC), inoculadas con *P. acidilactici* y *Lb. plantarum* permitieron los mejores resultados para las variables de dureza, adhesividad, fuerza adhesiva, cohesividad y elasticidad. La dureza fue mayor en los salamis inoculados, esto fue debido a la capacidad de producir ácido láctico de las cepas, lo que coincide con lo reportado por González y Fernández, 1961, quienes lo relacionan con la desnaturalización y gelificación de las proteínas cárnicas.

Como resultado del análisis estadístico, los parámetros más significantes de experimentación, fueron la formulación, el inóculo y el tiempo de fermentación-maduración, por lo que en una segunda etapa se utilizaron la formulación RLC y como cultivo iniciador sólo *P. acidilactici*, en donde se evaluó el efecto de utilizar carne de res de animales alimentados con granos y también considerar su forma de conservación (refrigerada o congelada). Una vez preparados los lotes de salami, fueron sometidos a dos condiciones de

maduración, en cámara climática con humedad relativa (HR) del 70% o HR del 90% y una temperatura de almacenamiento de $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Tabla 16).

Tabla 16 Resultados de textura utilizando carne congelada de res y refrigerada de animales alimentados con granos (CRCG) madurados en cámara climática a diferente HR

Tiempo (Días)	Inóculo	Almacenamiento	Dureza (N)	Adhesividad	Fuerza adhesiva (N)	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad (N)	
1	Sin inóculo	Cámara climática $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 90% HR	1.6195	-0.3888	-0.3432	0.4430	2.5140	1.8037	
1	<i>P. acidilactici</i>		4.7798	-0.6680	-0.6208	0.3787	1.5500	2.8054	
5	Sin inóculo		9.1202	-0.0142	-0.5158	0.3239	1.4310	4.2274	
5	<i>P. acidilactici</i>		5.0102	-0.3770	-0.3119	0.6158	0.4090	1.2618	
10	Sin inóculo		19.2596	-0.1749	-0.4497	0.5725	1.4400	15.8768	
10	<i>P. acidilactici</i>		10.2199	-0.1675	-0.3173	0.5354	1.2330	6.7472	
1	Sin inóculo		Cámara climática $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 70% HR	1.6195	-0.3888	-0.3432	0.4430	2.5140	1.8037
1	<i>P. acidilactici</i>			2.1238	-0.0826	-0.1898	0.5343	1.9510	2.2139
5	Sin inóculo			3.7814	-0.0095	-0.4109	0.3877	1.8640	2.7327
5	<i>P. acidilactici</i>			4.7798	-0.6680	-0.6208	0.3787	1.5500	2.8054
10	Sin inóculo			5.4910	-0.0675	-0.2087	0.4849	2.2020	5.8633
10	<i>P. acidilactici</i>			12.4173	-0.2358	-0.3348	0.4046	1.0800	5.4261

En la elaboración de estos productos, se utilizó carne congelada o refrigerada de res, de animales alimentados con granos (CRCG) para la elaboración de salamis, los cuales fueron madurados en cámara climática a 70 o 90% HR, y se evaluaron los parámetros de perfil de textura, donde se obtuvieron los valores más altos para la dureza, en el tiempo de almacenamiento y la mayor significancia a los 10 días de maduración ($P=0.020$) (Tabla 17), los embutidos almacenados en cámara climática no presentaron significancia (Figura 46) al día 10 (Figura 45).

Tabla 17 Prueba de significancia para la Cohesividad

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor <i>p</i>
Formulación	0.2483	1	0.2483	0.02254	0.884882
Tiempo	71.0238	1	71.0238	6.44987	0.038683
Inóculo	34.4475	2	17.2237	1.56413	0.274454
Error	77.0817	7	11.0117		

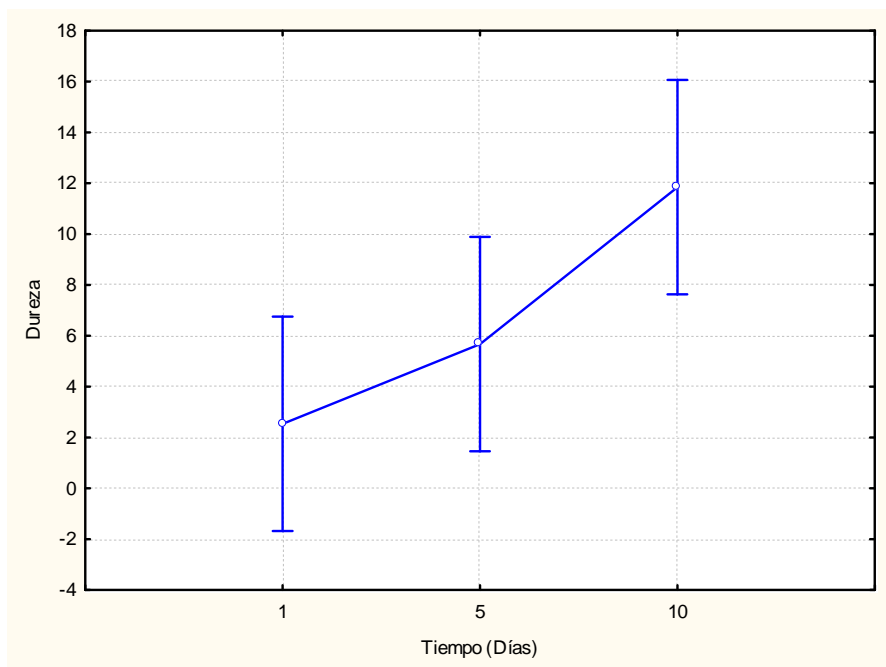


Figura 45 Efecto del tiempo de maduración sobre la Dureza de salamis madurados

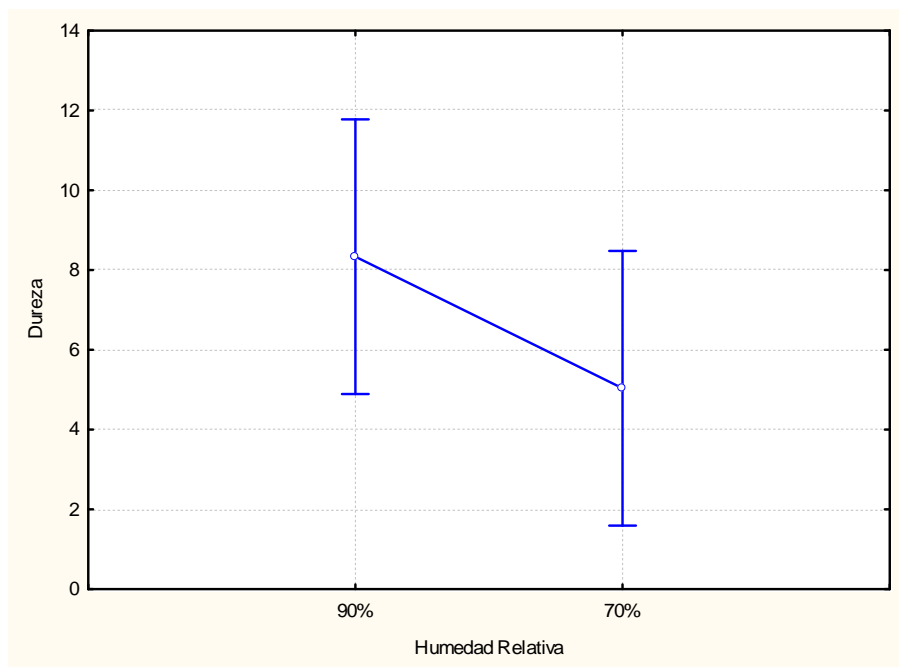


Figura 46 Efecto de la HR sobre la dureza de los salamis durante la maduración de salamis

En cuanto al parámetro de Elasticidad de los salamis, que evalúa el comportamiento del alimento al ser sometido a una fuerza de compresión, se encontró que la Formulación, adición de Inóculo y el Tiempo de maduración fueron altamente significativas con valores de $P=0.035$, 0.003 y 0.011 , respectivamente (Tabla 18).

Tabla 18 Prueba de significancia para la Elasticidad

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor p
Formulación	0.55642	1	0.55642	6.7503	0.035521
Tiempo	1.48688	2	0.74344	9.0191	0.011554
Inóculo	1.46441	1	1.46441	17.7657	0.003961
Error	0.57700	7	0.08243		

Los salamis almacenados a 70% HR registraron una mayor elasticidad (Figura 47), asimismo la mayor significancia se obtuvo tras 10 días de fermentación-maduración (Figura 48), finalmente los salamis con la adición de *P. acidilactici* registraron una menor elasticidad, respecto de los no inoculados con resultados altamente significativo ($P=0.003$) (Figura 49).

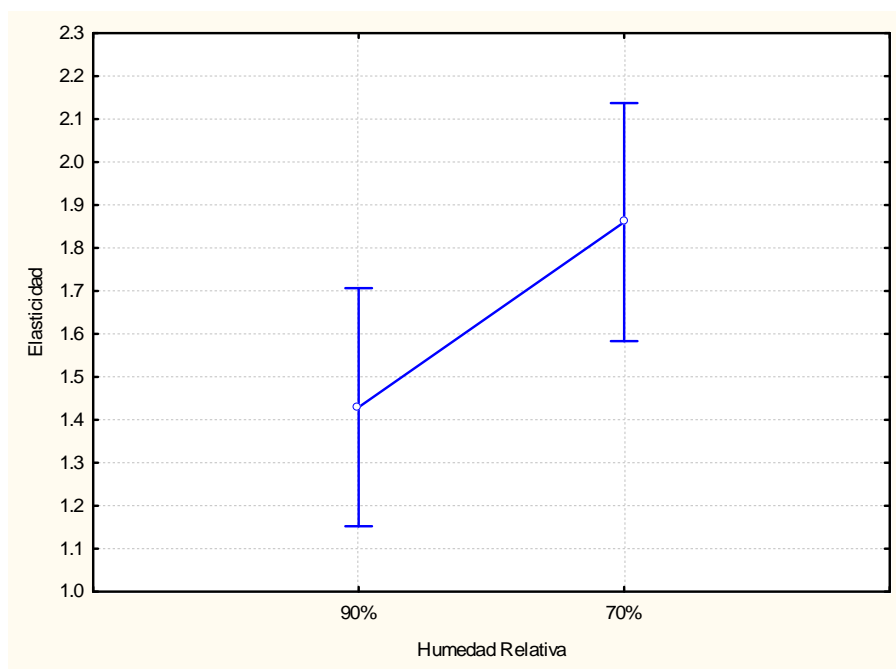


Figura 47 Efecto de la HR sobre la Elasticidad de salamis durante la maduración de salamis

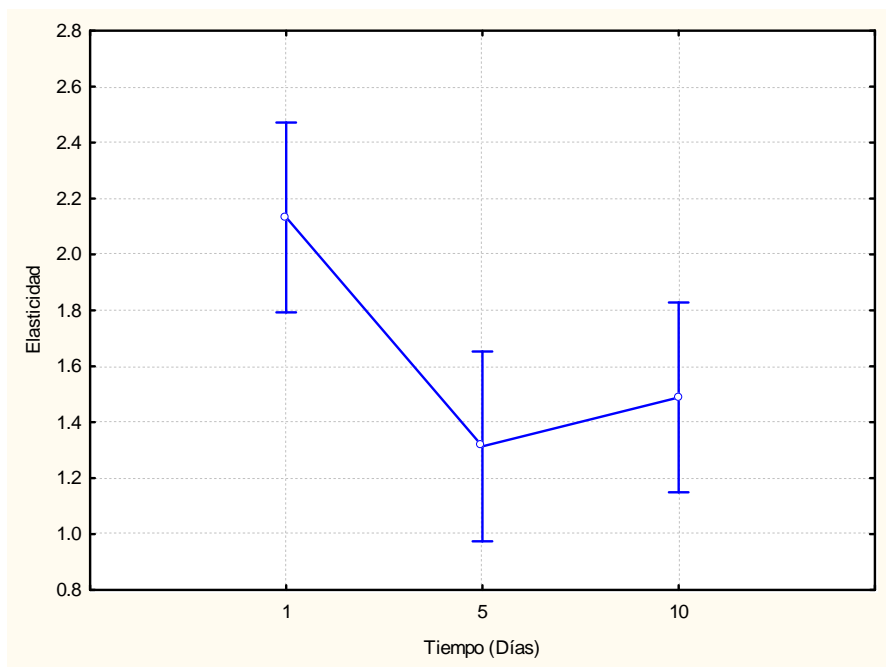


Figura 48 Efecto de la HR y el tiempo de maduración sobre la Dureza de salamis madurados

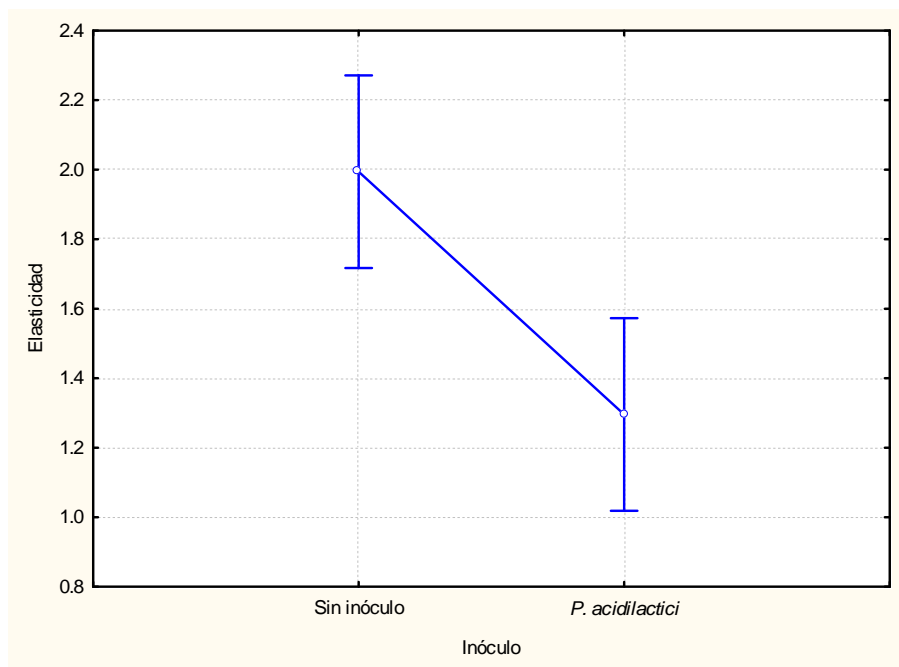


Figura 49 Efecto de la adición de *P. acidilactici* sobre la Elasticidad de salamis madurados

Finalmente para el parámetro de Masticabilidad, la variable más significativa fue el tiempo con un valor $P=0.030$ (Tabla 19)

Tabla 19 Prueba de significancia para la Masticabilidad

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor p
Formulación	11.7558	1	11.7558	1.44278	0.268750
Tiempo	97.4126	2	48.7063	5.97771	0.030604
Inóculo	10.1712	1	10.1712	1.24831	0.300751
Error	57.0359	7	8.1480		

En la figura 50 se observa que al día 10 de fermentación-maduración, la energía requerida para desintegrar el alimento determinado por la Masticabilidad, fue mayor.

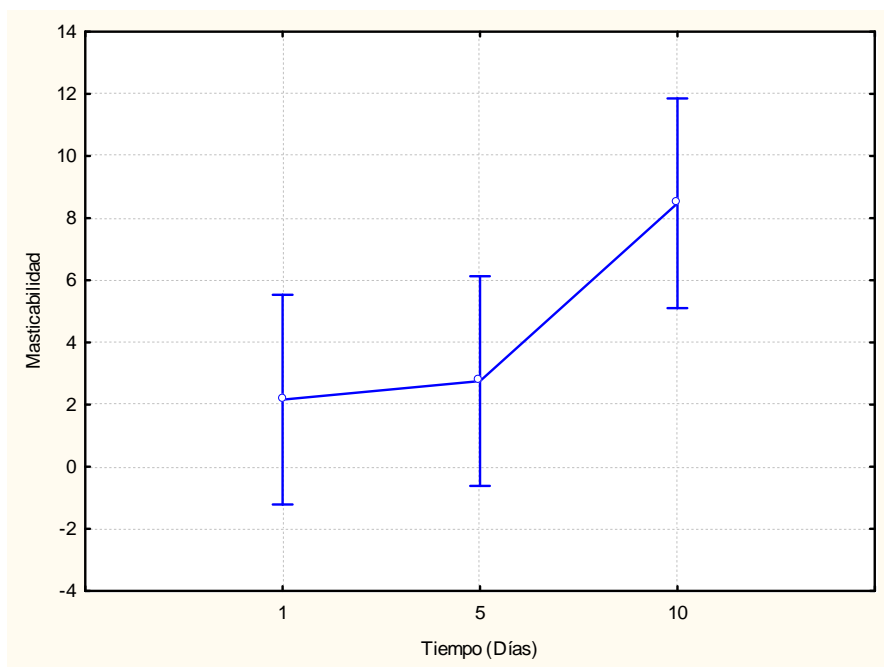


Figura 50 Efecto del tiempo de maduración sobre la Elasticidad de salamis madurados

Para evaluar el comportamiento de los parámetros texturales, se elaboraron salamis a base de carne congelada de res de animales alimentados en pastoreo y almacenados a $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y HR de 70% en cámara climática Binder Modelo KBF240 (Tabla 20).

Tabla 20 Resultados de textura, utilizando carne de res de animales alimentados al pastoreo (CRCP) madurados a $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y H.R. del 70%

Tiempo (Días)	Inóculo	Dureza (N)	Adhesividad	Fuerza adhesiva (N)	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad (N)
1	Sin inóculo	3.4057	-0.3003	-0.5170	0.5390	1.9580	3.5940
1	<i>P. acidilactici</i>	3.7069	-0.0222	-0.3635	0.5684	1.5450	3.2554
5	Sin inóculo	7.4096	-0.1354	-0.3699	0.5649	1.4360	6.0110
5	<i>P. acidilactici</i>	9.6953	-0.1401	-0.3692	0.6203	0.9490	5.7070
10	Sin inóculo	8.3553	-0.0035	-0.3670	0.6461	1.8700	10.0949
10	<i>P. acidilactici</i>	13.6319	-0.0039	-0.4665	0.6529	0.6250	5.5630

Posteriormente se procedió a realizar la comparación de formulaciones, un lote experimental elaborado con carne congelada de res de animales alimentados con granos (CRCG) y otro donde se utilizó carne de res de animales alimentados al pastoreo (CRCP), los salamis fueron madurados en cámara climática Binder Modelo KBF240 y humedad relativa de 90% (Tabla 21).

Las condiciones de almacenamiento de los salamis inoculados con *P. acidilactici* y los no inoculados, almacenados en cámara climática (90% HR), permitieron valores mayores en la variables de dureza (Figura 46) y menores en la variable de elasticidad (Figura 47), esto debido a que las condiciones de almacenamiento favorecieron el desarrollo de los iniciadores o la microbiota de origen, donde la variable con mayor significancia sobre la masticabilidad de los salamis fue el tiempo de maduración (Figura 51 y 53), con $P=0.018$ tras 10 días de maduración (Pérez, 1999).

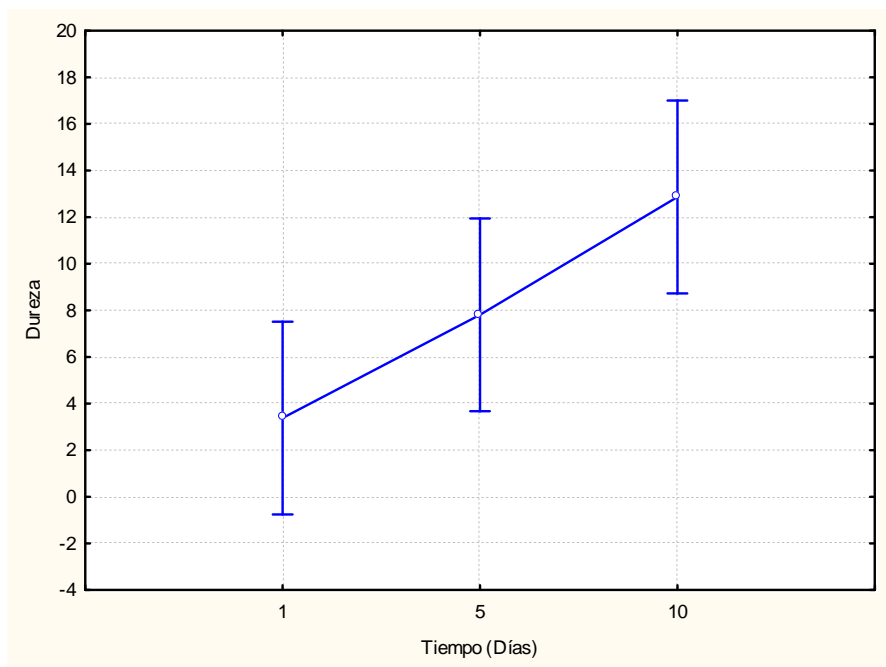


Figura 51 Efecto del tiempo de maduración sobre la Dureza de salamis madurados elaborados con CRCG y CRCP

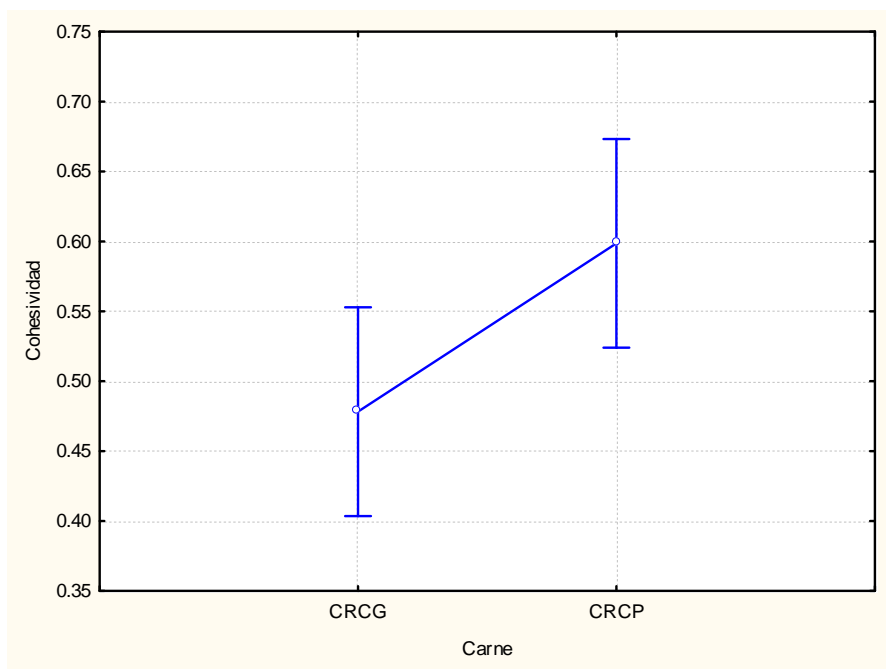


Figura 52 Efecto del tipo de carne utilizado sobre la Cohesividad de salamis madurados

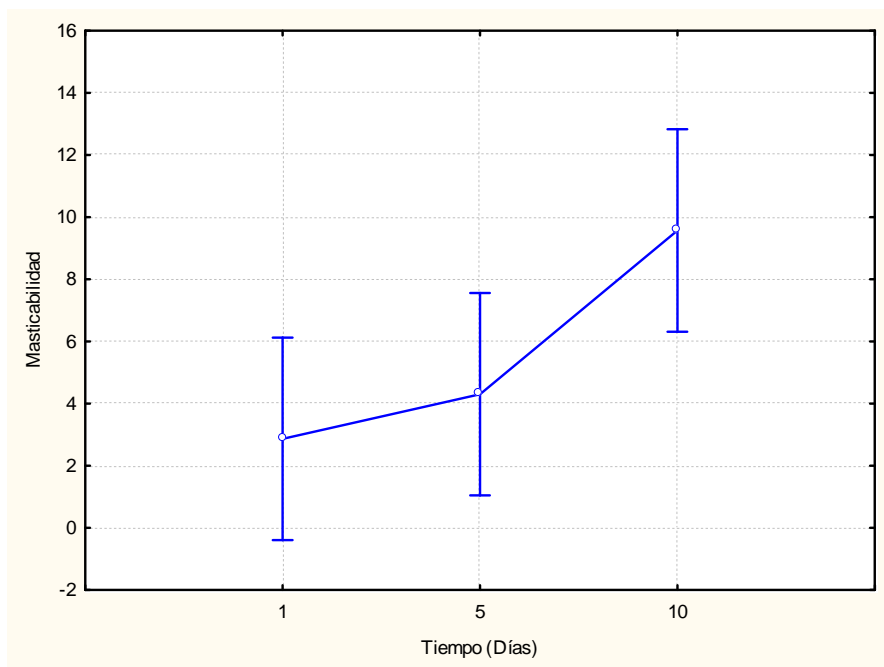


Figura 53 Efecto del tiempo de maduración sobre la Masticabilidad de salamis madurados elaborados con CRCG y CRCP

Tabla 21 Resultados de textura de salamis comparación de las formulaciones de carne congelada de res de animales alimentados con granos (CRCG) y carne de res de animales alimentados al pastoreo (CRCP) madurados en cámara climática

Carne	Tiempo (Días)	Inóculo	Dureza (N)	Adhesividad	Fuerza adhesiva (N)	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad (N)
CRCG	1	Sin inóculo	1.6195	-0.3888	-0.3432	0.4430	2.5140	1.8037
CRCG	1	<i>P. acidilactici</i>	4.7798	-0.6680	-0.6208	0.3787	1.5500	2.8054
CRCG	5	Sin inóculo	9.1202	-0.0142	-0.5158	0.3239	1.4310	4.2274
CRCG	5	<i>P. acidilactici</i>	5.0102	-0.3770	-0.3119	0.6158	0.4090	1.2618
CRCG	10	Sin inóculo	19.2596	-0.1749	-0.4497	0.5725	1.4400	15.8768
CRCG	10	<i>P. acidilactici</i>	10.2199	-0.1675	-0.3173	0.5354	1.2330	6.7472
CRCP	1	Sin inóculo	3.4057	-0.3003	-0.5170	0.5390	1.9580	3.5940
CRCP	1	<i>P. acidilactici</i>	3.7069	-0.0222	-0.3635	0.5684	1.5450	3.2554
CRCP	5	Sin inóculo	7.4096	-0.1354	-0.3699	0.5649	1.4360	6.0110
CRCP	5	<i>P. acidilactici</i>	9.6953	-0.1401	-0.3692	0.6203	0.9490	5.7070
CRCP	10	Sin inóculo	8.3553	-0.0035	-0.3670	0.6461	1.8700	10.0949
CRCP	10	<i>P. acidilactici</i>	13.6319	-0.0039	-0.4665	0.6529	0.6250	5.5630

3.2 Actividad de agua (a_w)

En la Tabla 22 se muestran los resultados de a_w , de los salamis elaborados con carne de animales alimentados con granos (CRCG), almacenados a 90% de HR, donde al día 10 de maduración. Los salamis de la formulación RLC, tuvieron una mayor pérdida de humedad en comparación con los elaborados con la formulación de RL, (Tabla 22).

Tabla 22 Resultados de a_w en salamis madurados elaborados a base CRCG

Formulación	Tiempo	Inóculo	a_w
RL	Día 1	Sin inóculo	0.975
RL	Día 1	<i>L. plantarum</i>	0.975
RL	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	0.975
RL	Día 10	Sin inóculo	0.939
RL	Día 10	<i>L. plantarum</i>	0.921
RL	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	0.925
RLC	Día 1	Sin inóculo	0.973
RLC	Día 1	<i>L. plantarum</i>	0.973
RLC	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	0.973
RLC	Día 10	Sin inóculo	0.942
RLC	Día 10	<i>L. plantarum</i>	0.937
RLC	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	0.937

Asimismo la formulación y el inóculo fueron altamente significativos con valores $P=0.000001$ y $P=0.0022$ respectivamente, (Tabla 23) entre el día 1 y el día 10 de maduración (Figura 54), ya que durante la maduración se produjo el secado del producto. Este secado se refleja en el aumento de la dureza (Randall, Bratzler 1970). Asimismo en la Figura 54 se puede observar que las formulaciones de RLC registraron valores menores de a_w a los elaborados a base de RL (Figura 55).

Tabla 23 Prueba de significancia de a_w de salamis madurados con CRCG

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor p
Formulación	10.91567	1	10.91567	984872.4	0.000001
Tiempo	0.00005	1	0.00005	4.7	0.162468
Inóculo	0.00492	1	0.00492	444.0	0.002245
Formulación*Tiempo	0.00008	2	0.00004	3.4	0.226962
Formulación*Inóculo	0.00011	1	0.00011	10.3	0.084954
Tiempo*Inóculo	0.00002	2	0.00001	1.0	0.500000
Error	0.00008	2	0.00004		

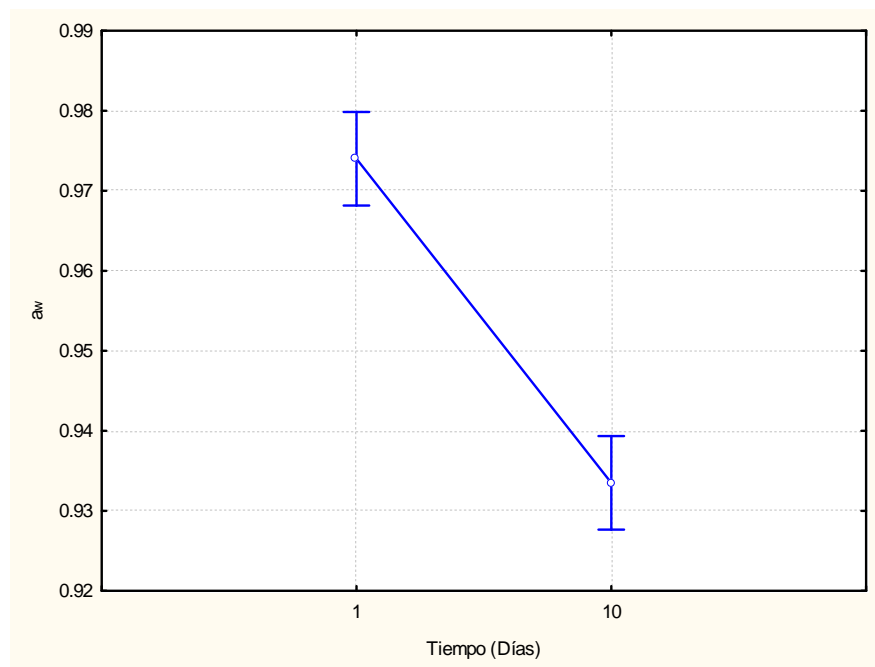


Figura 54 Efecto del tiempo de maduración sobre la a_w de salamis madurados elaborados con CRCG y dos formulaciones diferentes

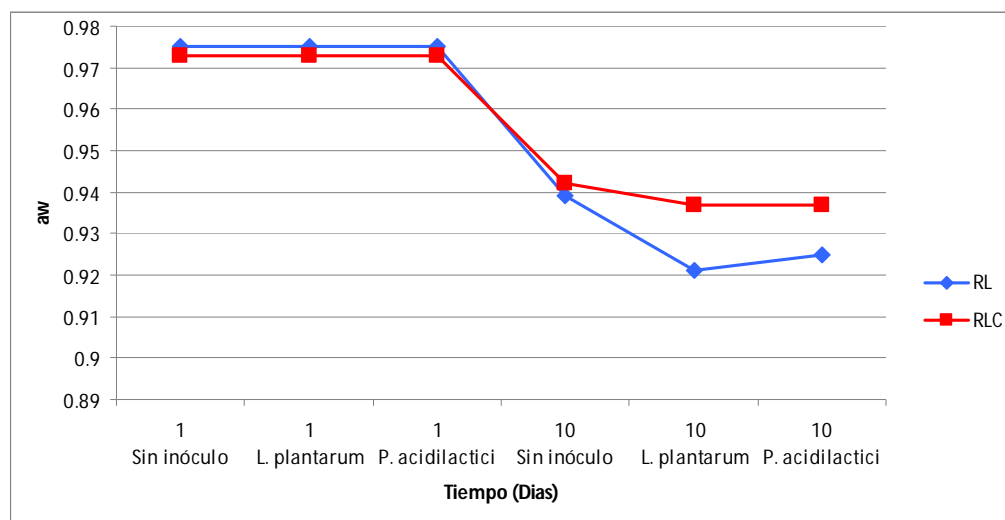


Figura 55 a_w de salamis elaborados con formulaciones de RL y RLC utilizando CRCG con y sin iniciadores

Posteriormente se elaboraron salamis según fórmula RLC, para contrastar mismo tipo de carne proveniente de animales alimentados con granos, refrigerada o congelada y almacenados a 70 y 90 % de HR. Los salamis de carne congelada registraron mayor pérdida de agua que los elaborados con carne refrigerada en los que el descenso de a_w fue paulatino (Figura 56) (Tabla 24). Brandt et al., 1963 indicaron que la jugosidad del producto, está relacionada con la velocidad a la que se pierde la humedad.

Tabla 24 Resultados de a_w de salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90 y 70% de HR

Carne	Tiempo	Inóculo	Almacenamiento % HR	a_w
CRCG	Día 1	Sin inóculo	90	0.955
CRCG	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	90	0.963
CRCG	Día 5	Sin inóculo	90	0.937
CRCG	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	90	0.93
CRCG	Día 10	Sin inóculo	90	0.918
CRCG	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	90	0.922
CRFG	Día 1	Sin inóculo	70	0.964
CRFG	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	70	0.964
CRFG	Día 5	Sin inóculo	70	0.959
CRFG	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	70	0.941
CRFG	Día 10	Sin inóculo	70	0.938
CRFG	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	70	0.92

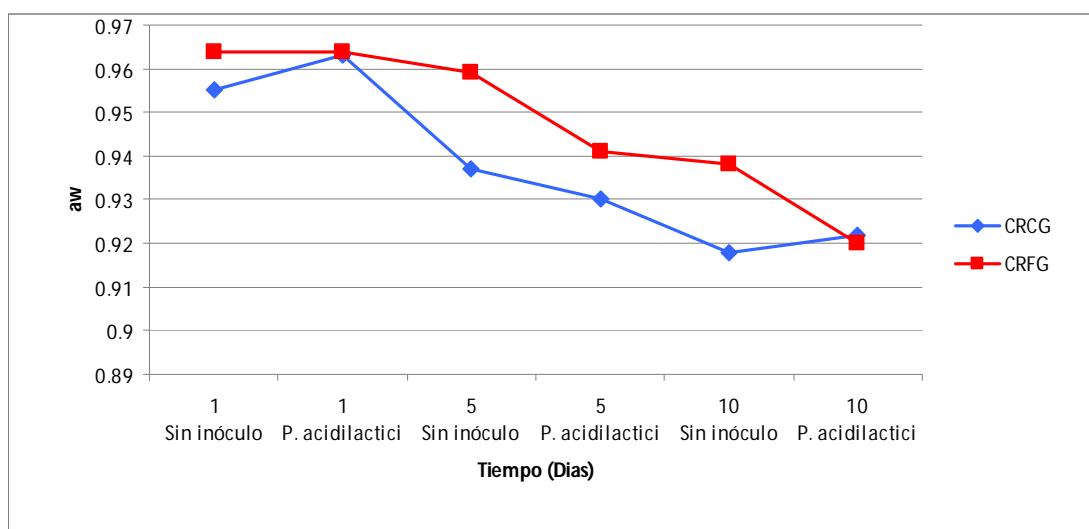


Figura 56 a_w de salamis elaborados con CRFG y CRCG madurados a HR de 90 y 70%

Finalmente en un tercer lote donde se contrastaron salamis elaborados con carne congelada, proveniente de animales finalizados con granos o pastoreo, donde los primeros presentaron una menor a_w con un valor promedio de 0.937, en tanto que los segundos registraron un valor promedio de 0.942 (Tabla 25).

Tabla 25 Comportamiento de la actividad de agua en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR

Formulación	Tiempo	Inóculo	Aw
CRCG	Día 1	Sin inóculo	0.955
CRCG	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	0.963
CRCG	Día 5	Sin inóculo	0.937
CRCG	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	0.93
CRCG	Día 10	Sin inóculo	0.918
CRCG	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	0.922
CRCP	Día 1	Sin inóculo	0.959
CRCP	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	0.963
CRCP	Día 5	Sin inóculo	0.942
CRCP	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	0.93
CRCP	Día 10	Sin inóculo	0.942
CRCP	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	0.916

Asimismo el tiempo de maduración, fue una variable altamente significativa, con un valor de $P=0.039$ (Tabla 26), esta significancia se registró entre el día 1 y 5 de maduración (Figura 57), que fue cuando se presentó mayor pérdida de humedad. El descenso de a_w fue muy similar en ambas formulaciones, teniendo que para el día 10 de maduración, los salamis inoculados con *P. acidilactici* elaborados con CRCP tuvieron la menor a_w registrada para esta etapa de la experimentación (Figura 58).

Tabla 26 Prueba de significancia a_w para salamis en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR

Efecto	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Prueba estadística (F)	Valor p
Carne	0.00006	1	0.00006	1.1	0.400887
Tiempo	0.00267	2	0.00134	24.6	0.039043
Inóculo	0.00007	1	0.00007	1.3	0.373549
Carne*Tiempo	0.00003	2	0.00002	0.3	0.780576
Carne*Inóculo	0.00013	1	0.00013	2.3	0.265978
Tiempo*Inóculo	0.00018	2	0.00009	1.6	0.379813
Error	0.00011	2	0.00005		

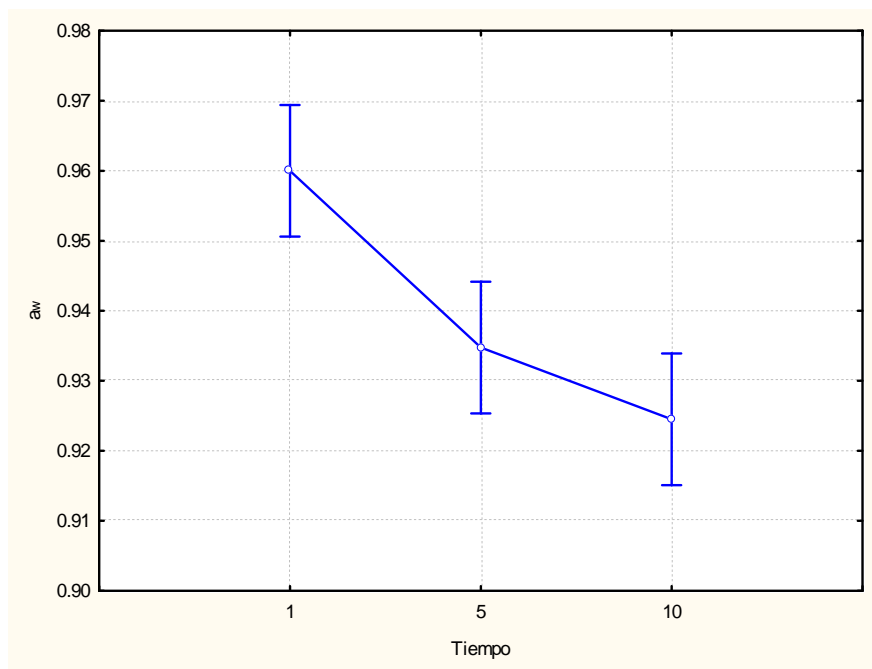


Figura 57 Efecto del tiempo de maduración sobre la aw en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 70% de HR

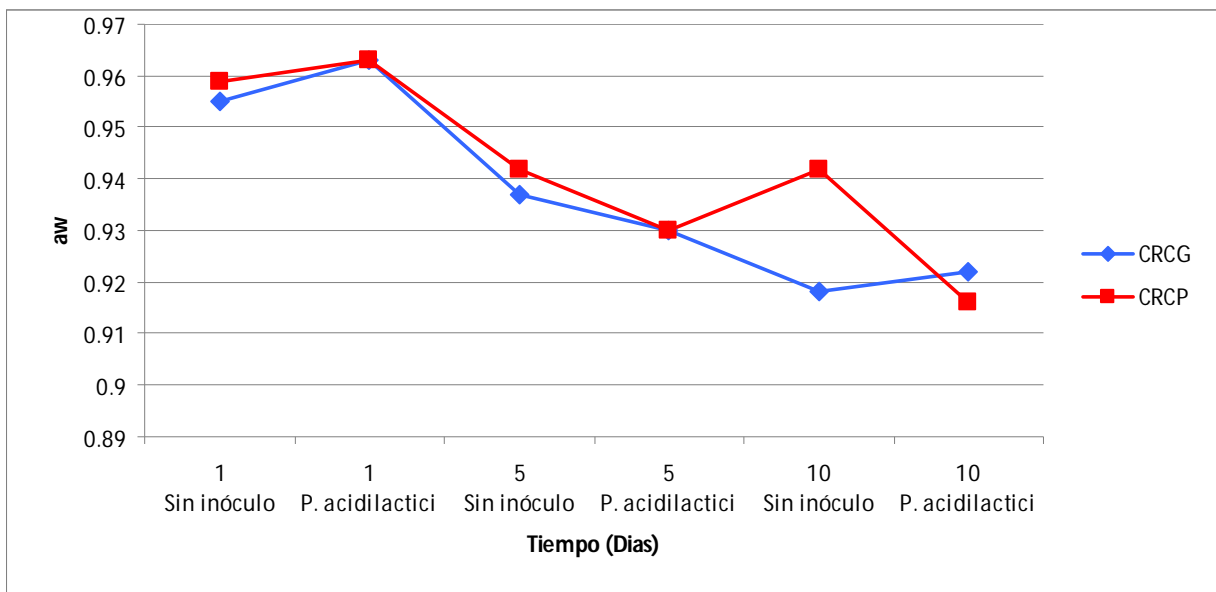


Figura 58 a_w en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90% de HR

3.3 Color

Un factor de suma importancia a tomar en cuenta al elegir el tipo de iniciador para utilizar como inóculo, está relacionado con el efecto del mismo sobre el color del embutido, determinado por los nitrosopigmentos formados a partir de la reacción de la mioglobina con los derivados de nitritos, que a su vez están relacionados directamente con parámetros tales como el contenido acuoso, la actividad de agua y pH (Gorospe, 1989).

Coretti 1986, establece que también el % de Humedad Relativa durante la maduración es decisiva en el desarrollo de color de los embutidos. Asimismo durante el desarrollo de esta experimentación se tuvo que los salamis inoculados con *P. acidilactici*, hubo un mejor desarrollo del color; esto debido a que la acción de las BAL provocaron el descenso más rápido del pH, lo cual contribuyó con la caída del potencial redox y a la liberación de NO (monóxido de nitrógeno) de los nitrito y por consiguiente, la estabilización del color Rojo adquirido (Cardoso et al., 1986).

En este contexto, los resultados de color (Tabla 27), muestran que los salamis de la formulación RL inoculados con *Lb. plantarum* (Figura 59), desarrollaron una coloración más roja que sin inóculo e inoculados con *P. acidilactici*, teniendo un valor de 9.97 para a*.

Tabla 27 Resultados de mediciones de color en salamis elaborados con formulaciones de RL y RLC utilizando CRCG

Muestra	Formulación	Tiempo	Inóculo	L	a*	b*
A	RL	Día 1	Sin inóculo	37.94	3.56	18.56
B	RL	Día 1	<i>L. plantarum</i>	41.71	4.73	10.1
C	RL	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	39.82	4.14	14.33
D	RL	Día 10	Sin inóculo	44.51	9.9	5
E	RL	Día 10	<i>L. plantarum</i>	44.84	9.97	12.7
F	RL	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	42.94	7.51	12.91
A	RLC	Día 1	Sin inóculo	50.12	5.18	20.74
B	RLC	Día 1	<i>L. plantarum</i>	46.59	5.18	21.75
C	RLC	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	48.35	5.18	21.24
D	RLC	Día 10	Sin inóculo	48.36	7.15	7.63
E	RLC	Día 10	<i>L. plantarum</i>	46.09	5.1	14.76
F	RLC	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	45.1	3.55	17.76

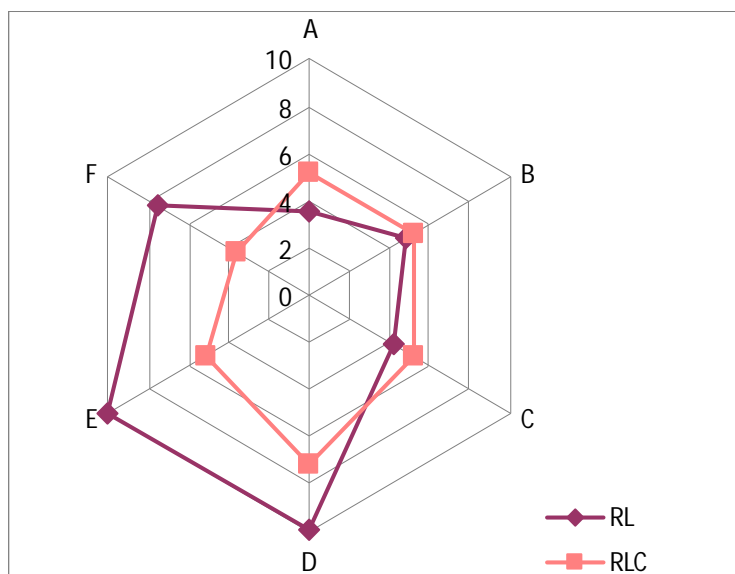


Figura 59 Diagrama radial de a* color rojo, en salamis elaborados con formulaciones de RL y RLC utilizando CRCG

El lote CRCG, al día 10 de maduración registró los valores más elevados de a* con resultados de 18.8 (Tabla 28 y figura 60)

Tabla 28 Resultados de mediciones de color en salamis madurados, elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90 y 70% de HR

Muestra	Carne	Tiempo	Inóculo	Almacenamiento	L	a*	b*
A	CRCG	Día 1	Sin inóculo	90	43.49	11.5	15.5
B	CRCG	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	90	38.6	5.55	17.57
C	CRCG	Día 5	Sin inóculo	90	49.08	5.7	16.84
D	CRCG	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	90	49.4	6.04	11.15
E	CRCG	Día 10	Sin inóculo	90	50.05	18.8	12.3
F	CRCG	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	90	46.13	5.13	7.62
A	CRFG	Día 1	Sin inóculo	70	52.35	2.76	20.49
B	CRFG	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	70	44.8	7.6	23.12
C	CRFG	Día 5	Sin inóculo	70	47.17	9.01	19.33
D	CRFG	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	70	49.7	5.32	14.38
E	CRFG	Día 10	Sin inóculo	70	47.78	4.71	17.79
F	CRFG	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	70	48.03	2.71	14.76

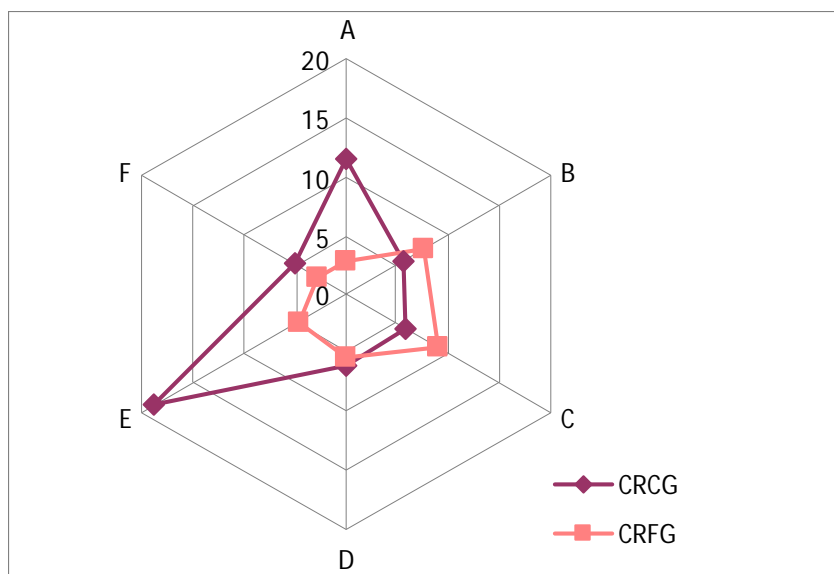


Figura 60 Diagrama radial de a^* color rojo en salamis madurados elaborados con CRFG y CRCG madurados a 90 y 70% de HR

Asimismo los salamis, elaborados con CRCG y CRCP sin inóculo, registraron los mayores valores de a^* de la experimentación con 28.81 y 27 respectivamente (Tabla 29 y figura 61).

Tabla 29 Resultados de color en salamis elaborados con CRCG y CRCP madurados a HR de 70%

Muestra	Carne	Tiempo	Inóculo	L	a^*	b^*
A	CRCG	Día 1	Sin inóculo	43.49	11.51	15.5
B	CRCG	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	38.6	5.55	17.57
C	CRCG	Día 5	Sin inóculo	49.08	5.7	16.84
D	CRCG	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	49.4	6.04	11.15
E	CRCG	Día 10	Sin inóculo	50.05	28.81	12.3
F	CRCG	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	46.13	5.13	7.62
A	CRCP	Día 1	Sin inóculo	45.88	5.97	18.4
B	CRCP	Día 1	<i>P. acidilactici</i>	49.76	4.55	18.24
C	CRCP	Día 5	Sin inóculo	48.27	12	17.19
D	CRCP	Día 5	<i>P. acidilactici</i>	47.71	7.1	14.59
E	CRCP	Día 10	Sin inóculo	50.58	27	12.52
F	CRCP	Día 10	<i>P. acidilactici</i>	46.09	7.89	20.34

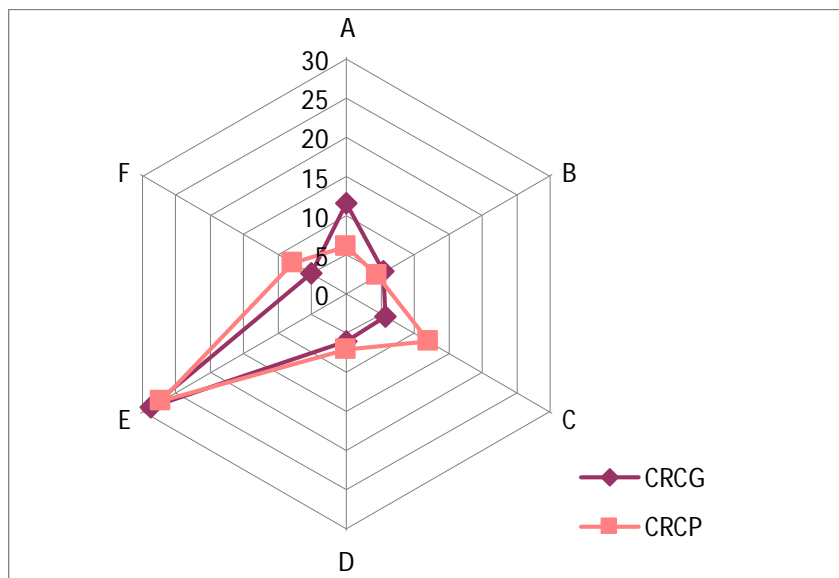


Figura 6112 Diagrama radial de a* color rojo en salamis madurados elaborados con CRFG y CRCP madurados a 70% de HR

CONCLUSIONES

- El tiempo de fermentación-maduración de los tres lotes, de *P. acidilactici* y *Lb. plantarum* y fermentación espontánea, mostraron resultados de dureza a los 10 días altamente significativos ($P=0.021$).
- La formulación tuvo un efecto importante en la dureza de los salamis adicionados con *Lb. plantarum* y formulación Res-Lardo, con un valor que no llegó a ser significativo, lo cual se puede atribuir a la capacidad de acidificación que tuvo el inóculo y su efecto en la estructura del alimento.
- Con respecto a la **adhesividad**, los salamis inoculados con *P. acidilactici* presentaron valores menores. Los salamis con formulación de RLC, registraron una mayor adhesividad que los RL. Conforme transcurrió el tiempo de fermentación-maduración, la fuerza adhesiva fue disminuyendo, hasta el día 10 en donde se presentó el resultado más bajo y altamente significativo de $P=0.012$. La formulación no presentó significancia.
- Al día 10 de fermentación-maduración, la **masticabilidad** fue mayor y altamente significativa con un valor $P=0.038$.
- En cuanto a **cohesividad**, el uso de *Pediococcus acidilactici* como inóculo presentó una alta significancia ($P=0.029$), respecto de los no inoculados o adicionados de *L. plantarum*, los cuales no presentaron resultados significativos.
- Los salamis RLC inoculados con *P. acidilactici*, tuvieron los parámetros de elasticidad más altos.
- Las formulaciones en donde se utilizó carne de res-lardo-cerdo (RLC), inoculadas con *P. acidilactici* y *Lb. plantarum* permitieron los mejores resultados para las variables de dureza, adhesividad, fuerza adhesiva, cohesividad y elasticidad. La dureza fue mayor en los salamis inoculados, respecto de los no inoculados.
- Los salamis elaborados con carne proveniente de animales alimentados con granos (CRCG), congelada o refrigerada, madurados en cámara climática a 70 o 90% HR, tuvieron los valores más altos de **dureza**, durante la fermentación-maduración, y la mayor significancia a los 10 días de maduración ($P=0.020$).

- La formulación RLC, la adición de inóculo y el tiempo de maduración afectaron los resultados de **elasticidad**, con valores altamente significativas de $P=0.035$, 0.003 y 0.011 , respectivamente. La fermentación-maduración en cámara al 70% HR produjeron la mayor elasticidad y la mayor significancia a los 10 días, finalmente los salamis adicionados con *P. acidilactici* registraron la menor elasticidad, respecto de los no inoculados con resultados altamente significativo ($P=0.003$).
- Los salamis sin inóculo o inoculados con *P. acidilactici* y almacenados en cámara climática a 90% HR, permitieron valores mayores de **dureza** y menores en **elasticidad**. La variable con mayor significancia sobre la **masticabilidad** de estos salamis fue tras 10 días de fermentación-maduración con $P=0.018$.
- La formulación y el inóculo fueron altamente significativos con valores $P=0.000001$ y $P=0.0022$ respectivamente, entre el día 1 y el día 10 de fermentación-maduración de salamis. Con el secado del producto y el aumento de la dureza, los salamis de RLC registraron valores menores de a_w que los de RL.
- Del lote de salamis de RLC de carne proveniente de animales alimentados con granos, refrigerada o congelada y almacenados a 70 y 90 % de HR: los salamis de carne congelada registraron mayor pérdida de agua que los elaborados con carne refrigerada en los que el descenso de a_w tuvo una pendiente menor. Al contrastar salamis elaborados con carne congelada, proveniente de animales finalizados con granos o pastoreo, los primeros presentaron una menor a_w con un valor promedio de 0.937, en tanto que los segundos registraron un valor promedio de 0.942. El tiempo de maduración fue una variable altamente significativa, con un valor de $P=0.039$, entre el día 1 y 5 de maduración, donde se presentó mayor pérdida de humedad.
- El descenso de a_w tras 10 días de fermentación-maduración, de los salamis elaborados con carne congelada, de animales finalizados al pastoreo, inoculados con *P. acidilactici*, tuvieron la menor a_w registrada.
- Los salamis inoculados, desarrollaron una coloración más roja que aquellos sin inóculo, con valores significativos tras 10 días de fermentación-maduración.

LITERATURA CITADA

- ♦ Acevedo M., 2004 “Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada según se ofrece al consumidor” Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. pp. 71, pág. 9
- ♦ A.D.A.M. Interactive Anatomy, USA, Versión 3.00.05, para Windows Xp
- ♦ Altieri, M., Nicholls C. I. .A. 2000, Teoría y práctica para una agricultura sustentable, 1ra edición, México D.F., p. 62-64
- ♦ Astiasarán L. Martínez JF, 1999, Alimentos Composición y Propiedades. Edit. McGraw-Hill, Madrid, España, p. 12-13.
- ♦ Decara, L., Sandoval, G., Funes, C., Issaly C. y Freire V. 2007, “Calidad de la carne bovina y bienestar animal en el sur de la provincia de Córdoba”, REDVET, Revista electrónica de veterinaria, **VIII** (12B) 1-17.
- ♦ Back, W. y Stackebrandt, E. 1978. Study of homology ADN/ADN in the *genus Pediococcus*. Arch. Microbiol. 118: 79-85.
- ♦ Bailey, A.J., 1982 Muscle proteins and muscle structure, In: Food Proteins, Ed. P.F. Fox, J.J. Condon, New Yor:Applied Science Publishers, 48: 128-132
- ♦ Baroli M. 2009. Manejo del pastoreo, Sitio Argentino de producción animal, Concepción del Uruguay, 2(20), www.produccion-animal.com.ar (Consulta, Marzo del 2011)
- ♦ Bendall, J.R. 1964. Meat proteins. In "Symposium on Foods: Proteins and Their Reactions," Eds. H.W. Schultz and A.F. Anglemier, AVI Publ. Co., Westport, Conn. EE.UU., pp.225-254
- ♦ Bonato P, Perlo F, Teira G, Fabre R, Kueider S. 2006. Características Texturales de nuggets de pollo elaborados con carne de ave mecánicamente recuperada en reemplazo de carne manualmente deshuesada. Ciencia, docencia y tecnología, 33: 111-131.
- ♦ Bourne Malcom C. NYS Agricultural Experimental Station Institute of Food Science and Technology Cornell University Geneva, New York 14456.

- ♦ Brandt, M. A., Skinner, E. Z., & Coleman, J. A. (1963). Texture profile method. *Journal of Food Science*, 29: 404–409.
- ♦ Callon, C.; L. Millet and M. C. Montel. 2004. Diversity of lactic acid bacteria isolated from AOC Salers cheese. *Journal of Dairy Research*, 71 (2): 231 – 244
- ♦ Castellano P, Belfiore C, Fadda S., Vignolo G. A 2008, review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina, *Meat Sci.* No. 79, 3: 483 - 499
- ♦ Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*. No. 15, 2: 225-243
- ♦ Chen, H. and Hower, D.G., 2003, *Bacteriocins and their Food Applications*. *Food Sci Food Safety*, 2: 82-100
- ♦ Coretti, K. 1986. *Embutidos: Elaboración y defectos*. 1ª ed., Ed. Acribia. España. pp. 9-45, 81-126.
- ♦ Depetris G y Santini F., 2006, *Calidad de carne asociada al sistema de producción*”, Reserva N° 7 del INTA Balcarce, p 20- 23
- ♦ Centro de investigación y asistencia tecnológica y diseño del estado de Jalisco División de Educación y Actualización Tecnológica, *Avances sobre el procesamiento de la carne y productos cárnicos*. Abril, 1998.
- ♦ Feria C. Pedro F., 2007, *Aislamiento y caracterización Bacteriocinas producidas por Lactobacillus plantarum LPBM10 en suero de leche*. Tesis Msc Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín - Colombia, pp 84.
- ♦ Fiorentini Á. Santanna E. Porto A. C.S. Mazo J. Franco B., 2001, D.G.M. Influence of bacteriocins produced by *Lactobacillus plantarum* in the shelf-life of refrigerated bovine meat, *Brazilian J Microbiol* 32:42-46
- ♦ Foo, E. L.; H. G. Griffin; R. Mollby and C. G. Hedén. (Editors). 1993. *The Lactic Acid Bacteria*. Horizon Scientific Press. United Kingdom, pp 89 – 91.

- ♦ Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.B. Hendrick, M.D. Judge y R.A. Merkel, 1974. Fundamentos de la ciencia de la carne. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- ♦ Forrest, J., C. 1979. Fundamentos de Ciencia de la carne. 1ª ed. Ed. Acribia. España. pp. 21-68, 125-162, 197-223, 265-274
- ♦ Galvez. A., Abriouel. H., López R., Ben O. N., 2007, Bacteriocin-based strategies for food biopreservation, Int J Food Microbiol, 120, 51-70.
- ♦ García T, Martín R, Sanz B, Hernández PE. Extensión de la vida útil de la carne fresca. I envasado en atmósfera modificada y utilización de bacterias ácido lácticas y bacteriocinas, Rev. Española de Ciencia y Tecnología Al 1995; 35, 1: 1-18.
- ♦ García, G., Quintero R., López R. 2004, Biotecnología alimentaria, 5ª ed., Ed. Limusa, México, 636 pp.
- ♦ Garriga, M. 2002, Desarrollo y Aplicación de Tecnologías Emergentes en la Conservación de Productos Cárnicos. IRTA-Centro de Tecnología de la Carne. 4-12-17
- ♦ Garriz, C. A. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. Disertación jornada ganadería acuna, Fac. Agr y Vet. Unrc, 23 de mayo 2001.
- ♦ Garvie, E. I., 1986. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 9th ed. Ed. Williams and Wilkins, Baltimore, vol. 2.
- ♦ Gasque, *et al.*, 2001, Razas de ganado bovino en México FMVZ-UNAM, <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/enlinea/bovinos/home.htm> (Consulta en marzo del 2011)
- ♦ González, N. Sánchez A. y Torrescano G. División de Educación y Actualización Tecnológica. 1998. Memorias del curso Avances sobre el procesamiento de la carne y productos cárnicos, CIATEJ.
- ♦ Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. J. Anim. Sci. 75:249-257
- ♦ Hedrick et al., 1994, citado por Acevedo Salinas Maribel, Tesis de maestría p. 15-16

- ♦ Hii C.L., Law C.L., Cloke M., Suzannah S. 2008 Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. a School of Chemical and Environmental Engineering, University of Nottingham, Malaysia Campus, Jalan Broga, 43500 Semenyih, Selangor Darul Ehsan, Malaysia, p 121-128
- ♦ Hugas, M., 1998, Bacteriocinogenic lactic acid bacteria for the biopreservation of meat and meat products. *Meat Sci* 1998; 49, 1: 139-150
- ♦ Kretzschmar, U., 1992. Funktionelle eigenschaften von muskel proteinen. *Fleischwurstch.* 72, 6: 905-911.
- ♦ Lawrie, R. 1998. “Ciencia de la Carne”. 3^a ed., Ed. Acribia. España. pp. 137-148.
- ♦ Lehninger L. A. 1995, Principios de Bioquímica. 2^{da} ed., Ed. Omega , Barcelona
- ♦ Lewus, C., Montville, T. 1991, Detection of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *J Microbiol Meth* 1991; 13, 2: 145-150.
- ♦ Llorente, B., A. 1997. Influencia del manejo de los animales antes del sacrificio en la calidad de la carne. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos.* 12, 5:12-15.
- ♦ Llorente, B., A. 1998. “Evaluación de la producción de bacteriocinas de *Pediococcus acidilactici* bajo diferentes condiciones de cultivo”. Tesis de Maestría en Ciencias (área microbiología). Universidad Nacional Autónoma de México.
- ♦ López R., A. Casp A., 2004, Colección Tecnología de Alimentos “Tecnología de mataderos”, Ed. Mundi Prensa, Madrid. pp. 419.
- ♦ Moreira D. S., Wagner L. 1993, Aislamiento y caracterización parcial de una bacteriocina producidas por *Pediococos* sp 347 de origen cárnico. Tesis de Doctorado Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria. Departamento de Nutrición y Bromatología III. pp. 266.
- ♦ Morishita, et al., 2006, “Fermentation technologies for the production of exopolysaccharide-synthesizing *Lactobacillus rhamnosus* concentrated cultures”, *J. Biotechnol.* 10, 2: 211-220
- ♦ Nakagawa, A., Kitahara, K. 1959; Taxonomic studies on the genus *Pediococcus*. *J. gen. appl. Microbiol.* 5, 95.

- ♦ Nakai, S. y E. Li-Chan, 1988. Hydrophobic interaction in food systems. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A.
- ♦ Nieto G. L. y Villamar A. L., 2004, (SIAP)/ SAGARP, Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera, “Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 2004” www.sagarpa.com (Visitada en Marzo del 2010)
- ♦ Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004 <http://www.salud.gob.mx> (Visitada en Abril 2011)
- ♦ Pájaro, J.C., Alonso J.L., Santos V., Moldes A.V. 1996. El ácido láctico en la industria alimentaria. Aplicaciones y tecnologías de producción, Alimentación Equipos Tecnología, 15, 1: 91-99.
- ♦ Pascual A., Rosario M. y Calderón V., 2000, “Microbiología Alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas”, Ed. Díaz de Santos, 2ª ed., pp. 220
- ♦ Pearson, AM. Young, RB., 1989, “Post mortem changes during convergían of muscle to meat" In *Muscle and meat biochemistry*. Food Science and Technology. (Schweigert y Taylor, Eds.) Academic Press Inc., San Diego. p. 391-434.
- ♦ Pearson, D. “Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos”. 3ª ed. Ed. Acribia. España. 1998. pp. 132-143, 179-226.
- ♦ Pérez L., Rubio M., Méndez D., Feldman J., Iturbe F. 1999, “Valuación química y sensorial del chorizo tipo pamlona, elaborado a partir de carne de cerdo pelón mexicano y de cerdo mejorado” 30 (1) : 33-40
- ♦ Potter N. and Hotchkiss J. 1998, “Food dehydration and concentration”. In Food Science, Food Science, 5ta ed. Ed. Springer US Text Series New York:, Inc. p. 200–244
- ♦ Pour-El, A., 1981. Protein functionality: classification, definition and methodology. En Protein Functionality In foods, J.P. Cherry (Ed.). ACS Symposium Series 147, Nueva York, EE.UU.

- ♦ Pulla P. “Embutidos crudos y cocidos” Curso de Procesos Agroindustriales 3. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Perú 2010. pp. 33, p. 12 <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/embutidos-crudos-y-cocidos/embutidos-crudos-y-cocidos.pdf> (Consultada en Febrero del 2011)
- ♦ Randall, C., & Bratzler, L. (1970). Changes in various protein properties of pork muscle during smoking process. *Journal of Food Science*, 45, 248–249.
- ♦ Ranken, M. D 2003, *Manual de la industria de la carne*, 1ª ed. Ed. AMV, Mundi – Prensa, España, 16, 18
- ♦ Ranken, M. D. (1984). Composition of meat: structural and analytical implications, en *Developments in Food Proteins - 3*. (Hudson, B. J. F. Ed) Elsevier Applied Science. Londres, 1-32.
- ♦ Requena, T., Peláez C., 1995, Actividad antimicrobiana de bacterias lácticas. Producción de bacteriocinas, *Rev Española Ciencia Tecnología Al*; pp 35 (1): 19-44.
- ♦ Rivera Quiroz J., 2004. “Evaluación del efecto bioconservador en salamis al adicionar *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 como cultivo iniciador”, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- ♦ Ross, O. y. García P. 1998. Calidad de la carne vacuna. *Revista de los CREA*, 215:70-72.
- ♦ Ruiz J. 2005 “Textura de músculos de cerdo y de jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua” Tesis de Doctorado (Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos). Universidad Autónoma de Barcelona. pp. 170
- ♦ Sandra Milena Vásquez M., Héctor Suárez M., Olga Inés Montoya. Evaluación de bacteriocinas como medio protector para la biopreservación de la carne bajo refrigeración, *Rev Chil Nutr* 2009; 36, 228-238.
- ♦ Schiffner, E. 1978. “Cultivos bacterianos en las industrias cárnicas”. 1ª ed. Ed. Acribia. España. pp 12-126
- ♦ Schut, J., 1976. Meat Emulsion, in: Friberg, S., Ed. *Food Emulsions*. Marcel Dekker Inc, New York, pp: 385-458.

- ♦ Szczesniak, A. S. 1987, “Relationship of texture to food acceptance and nutrition”. In J. Solms, D. A. Booth, R. M. Pangborn, & O. Raunhardt (Eds.), Food acceptance and nutrition (pp. 157–172). New York: Academic Press.
- ♦ SIAP, 2009, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) www.siap.gob.mx (Visitada en Marzo del 2010)
- ♦ Suárez, M., Francisco A., Beirao, L., 2008, “Influencia de bacteriocinas producidas por *Lactobacillus plantarum* LPBM10 sobre la vida útil de filetes del híbrido de cachama piaractus brachypomus x colossoma macropomum empacado al vacío”, VITAE; pp 15
- ♦ Tarrant, P.V., 1982. Muscle proteins in meat technology. Cap. 14, In Foods Proteins, P.F. Fox y J.J. Condon, Ed. Elsevier Applied Sci. Publ., Londres, Gran Bretaña. p 261.
- ♦ Torres Vargas Golda Meyer, Curso de Química de Alimentos, CEAD: UNAD DUITAMA, 2010 Solubilidad de Proteínas. <http://www.slideboom.com/presentations/192585/Solubilidad-de-proteinas> (Visitada el 3 de agosto Del 2010)
- ♦ Totosa Sánchez A. 2006. “Funcionalidad de Extractos Proteicos Musculares de Cabra y Res. Efecto de la Temperatura y Tiempo de Almacenamiento” Tesis de Maestría en Biotecnología (Departamento De Biotecnología). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. pp. 12, 13, 17, 18
- ♦ Urrego V., M., Cadavid R., 2005, L. A. Efecto sobre la calidad microbiológica, sensorial y reológica, de la aplicación de tres diferentes niveles de ácido láctico en un corte de carne de res (Huevo de Solomo). Trabajo de grado Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín - Colombia, pp. 72.
- ♦ Varman H. A, 1998, “Carne y productos cárnicos” Ed. Acribia, S.A. Zaragoza España, pp. 438, p 317-324.
- ♦ Voet D, Voet JG. 1995, other pathways of carbohydrate metabolism. Biochemistry. 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. p 599-625.
- ♦ Whiting, R.C., 1988. Ingredients and processing factors that control muscle protein functionality. Food Technology 42(4) 104, 110-114, 210.