
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGÍA

*Identificación de posibles marcadores proteínicos asociados
a las características sensoriales de la carne de ovino*

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN BIOTECNOLOGÍA

P R E S E N T A

M. en B. Isadora Martínez Arellano

Directora de Tesis:

Dra. Edith Ponce Alquicira

Coodirectora de Tesis:

Dra. Patricia Severiano Pérez

Asesor de Tesis:

Dr. Francisco Fernández Perrino

JUNIO DE 2013



El Doctorado en Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana está incluido en el PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (PNPC) del CONACyT **con la referencia 001466** y nivel Consolidado.

La presente tesis de Doctorado en Biotecnología forma parte del proyecto titulado “Calidad de carne de cordero, industrialización y desarrollo de nuevos productos a nivel comercial” apoyado por Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT con número de clave 2006-45840

Agradecimientos

A los trabajadores de México porque gracias a ellos recibí una beca para hacer una de las cosas que más me gusta.

A la Dra. Edith que confió en mi imaginación para desarrollar este proyecto y hacer la estancia en el laboratorio como mi segunda y a veces primera casa.

A la Dra. Datz por darme una segunda casa de estudio que también se convirtió en primera y mostrarme el maravilloso mundo del análisis sensorial, por ser una gran amiga, llena de consejos tanto en lo académico como en lo personal.

Al Dr. Taco por el apoyo como coordinador, siempre haciendo más allá de sus responsabilidades y hacerme reír con sus ocurrencias, no menos importante la gran revisión al documento escrito.

Al Dr. Héctor por su ayuda en la parte estadística y siempre estar dispuesto a escuchar no sólo cosas académicas, y su revisión al documento.

A la Dr. Efrén por su revisión y aportes al documento, aún cuando estaba super ocupado.

A la Dra. Farnén por su ayuda en el inmunoblot y su revisión al documento, además de estar en disposición de apoyar en todo momento.

A Espok por el apoyo y cariño incondicional, que más puedo decir que no sepa.

A HMA por ser un gran maestro tanto en lo académico como en lo personal, me reinvente.

A Feny por su amistad y compartir su familia conmigo, las discusiones de proyectos y su apoyo en mi vida personal.

A Isabel por su amistad y el apoyo en las clases, por escucharme y tener palabras de aliento.

A Edson y Ruth que siempre nos quedábamos hasta el final y ya cansados, queriendo teletransportar a casa empezaba la plática y oblidábamos la fatiga.

A Luis por decir las cosas sin rodeos y su amistad.

A Jaime por su amistad y ayudarme a ver la luz en las electrooooo.

A todos los miembros del laboratorio S-132 Giovanni, Mariel, Saúl, Arturo, Farnén, Brenda y Sagrario por hacer la estancia super alegre y llena de diversión.

A los miembros del laboratorio 4C en la Facultad de Química (muchos ya no estamos) El Gran Daniel, Marce, Sonia, David, Adrián, Juliana.

A Tere, Aliz y Caro por su amistad que transpaso barreras del tiempo y espacio.

A Misael, las Teres, Erick, Ricardo y Ana por su amistad y los momentos recreativos en estos años.

A mi gran amigo Carlos por todo lo que hemos hecho juntos y lo que nos falta.

A mis dos familias Arellano y González por todo el apoyo, cariño y comprensión por no poder asistir a reuniones porque el día 14 era fin de semana y el experimento no puede esperar.

A Martha y Miriam por el cariño a lo largo de todo este tiempo.

Dedico

A la vida, Dios, el universo por bendecirme cada día

A mis papis Rosario y Roberto, por darme la libertad de crear mi vida y apoyarme en todo. Gracias a ustedes disfruto aprender. Por enseñarme que en la vida hay que tener claro lo que uno quiere ser y nos traicionamos a nosotros mismos si nos dejamos llevar por los placeres a corto plazo, pero que los placeres se deben disfrutar siempre que no fastidien nuestro objetivo de vida.

A mi hermana Itzel por ser mi complice y mi maestra

A mis hermanas Fer y Sofi por hacerme sonreír aún cuando estaba muy cansada para hacerlo.

*A la esperanza de que la guerra contra
la insensatez pueda ganarse algún día, a pesar de todo.*
Asimov

Índice

Índice de tablas	IV
Índice de figuras	VI
Resumen	VIII
Abstract	XI
1. Antecedentes	14
1.1 Situación económica del ovino en México y en el mundo	14
1.2 El músculo	17
1.3 Cambios postmortem en la carne	19
1.3.1 Solubilidad de las proteínas	21
1.4 Análisis sensorial	22
1.4.1 El gusto	22
1.4.2 El olfato	22
1.4.3 Las sensaciones trigeminales	23
1.4.4 Pruebas sensoriales	23
1.4.5 Análisis descriptivo	24
1.4.5.1 Perfil del flavor	24
1.4.5.2 Análisis descriptivo cuantitativo-QDA	25
1.4.5.3 Perfil de textura	25
1.4.6 Análisis sensorial en la carne	26
1.5 Parámetros fisicoquímicos medidos en la carne	27
1.5.1 Color	27
1.5.2 Textura	28
1.5.2.1 Warner Bratzler o esfuerzo de corte	28
1.5.2.2 Análisis de perfil de textura	28
1.5.3 Humedad	28
1.6 Análisis proteómico de la carne	28
2. Justificación	33
3. Hipótesis	34
4. Objetivo general	34
4.1 Objetivos particulares	34
5. Diagrama de flujo	35
6. Metodología	36
6.1 Etapa 1: Almacenamiento de muestras durante 14 días, análisis sensorial, fisicoquímico y perfil de péptidos.	36
6.1.1 Obtención y preparación de la muestra	36
6.1.2 Condiciones de almacenaje de las muestras	36
6.1.3 Análisis sensorial	36
6.1.4 Análisis fisicoquímicos	37

6.1.4.1 pH	37
6.1.4.2 Humedad	37
6.1.4.3 Solubilidad de proteínas en la carne	37
6.1.4.4 Color	38
6.1.4.5 Esfuerzo de corte	38
6.1.4.6 Análisis de perfil de textura instrumental (TPA)	38
6.1.4.7 Actividad proteasa	38
6.1.4.8 Extracción de péptidos	39
6.1.4.8.1 Electroforesis en gel de poliacrilamida Tricina-SDS	39
6.2 Etapa 2: electroforesis de bidimensional y Western Blot.	39
6.2.1 Extracción de proteínas miofibrilares y sarcoplasmicas	39
6.2.1.1 Electroforesis bidimensional	39
6.2.1.1.1 Proteínas sarcoplámicas	39
6.2.1.1.2 Proteínas miofibrilares	40
6.2.1.2 Análisis por Western Blot	41
7. Análisis de resultados	42
8. Resultados y Discusión	43
8.1 Etapa 1: Análisis sensorial, fisicoquímico y perfil de péptidos	43
8.1.1 Carne cruda	43
8.1.2 Carne a la parrilla	47
8.1.3 Perfil de péptidos obtenidos durante el almacenamiento de carne de ovino y su identificación.	48
8.1.4 Relación entre los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y perfil de péptidos para carne cruda y a la parrilla por medio de análisis de componentes principales (ACP)	54
8.2 Etapa 2: electroforesis bidimensional y Western Blot.	61
8.2.1 Análisis de la mioglobina por medio de electroforesis bidimensional y secuenciación	61
8.2.2 Análisis de desmina, vinculina y miosina por medio de electroforesis bidimensional y Western Blot	64
8.2.3 Análisis factorial múltiple de la intensidad de las manchas de miosina, desmina y vinculina, actividad de las proteasas ácidas y neutras, WB-esfuerzo de corte, TPA y los atributos sensoriales de firmeza y suavidad manual	69
9. Conclusión	75
10. Perspectivas	76
11. Bibliografía	77
12. Anexo	91
12.1 Etapa I: selección y entrenamiento del panel	91
12.1.1 Selección del panel	91
12.1.1.1 Pruebas de umbral	91
12.1.1.2 Pruebas discriminativas	92
12.1.1.3 Pruebas triangulares	93
12.1.1.3 Pruebas de reconocimiento e identificación olores	94
12.1.1.4 Prueba discriminativa de olores	94
12.1.1.5 Prueba de umbral de olores	95
12.1.2 Entrenamiento: análisis descriptivo	96
12.1.2.1 Generación de descriptores	96
12.1.2.2 Evaluación de descriptores	96
12.1.3 Segunda etapa del entrenamiento	96

12.1.3.1 Anclaje de escalas	96
12.1.3.2 Muestras para entrenamiento	100
12.2 Análisis de resultados de la selección	100
12.2.1 Pruebas de umbral	100
12.2.2 Pruebas discriminativas y de olor	100
12.2.3 Pruebas discriminativas	100
12.2.4 Pruebas de olor	101
12.2.5 Selección de jueces sensoriales	101
12.3 Análisis de resultados del entrenamiento	102
12.3.1 Generación de descriptores	102
12.4 Encuesta general para selección del panel	113
12.5 Cuestionario de pruebas de umbral gustos básicos	115
12.6 Cuestionario para pruebas discriminativas	116
12.7 Cuestionario para prueba de identificación y reconocimiento olores	116
12.8 Cuestionario para pruebas discriminativas olores	117
12.9 Cuestionario para pruebas de umbral olores	117
12.10 Cuestionario para la generación de descriptores	118
12.11 Cuestionario para la presencia e intensidad de los atributos generados carne cruda	120
12.12 Cuestionario para la presencia e intensidad de los atributos generados carne a la parrilla	122
12.13 Cuestionario del perfil sensorial de carne de ovino cruda	125
12.14 Cuestionario del perfil sensorial de la carne de ovino a la parrilla	127
12.15 Estadístico	129
12.15.1 Aleatorización de pruebas discriminativas	129
12.15.2 ANDEVA carne cruda de cerdo, bovino y ovino.	130
12.15.3 ANDEVA de carne de ovino, bovino y cerdo a la parrilla.	130
12.15.4 ANDEVA de carne de ovino cruda.	131
12.15.5 ANDEVA de carne de ovino cruda.	132
12.15.6 Análisis de componentes principales	133
12.15.7 Análisis factorial múltiple	137
12.16 Estándares de carne de ovino cruda y a la parrilla en imágenes	138
13. Productos generados	140
13.1 Publicación	140
13.2 Congresos	140

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de las principales pruebas sensoriales.....	24
Tabla 2. Medias de los atributos sensoriales obtenidos por un panel entrenado y parámetros físico-químicos de la carne de ovino cruda durante 14 días de almacenamiento a 2°C.....	46
Tabla 3. Medias de los atributos sensoriales obtenidos por un panel entrenado y parámetros físico-químicos de la carne de ovino a la parrilla durante 14 días de almacenamiento a 2°C.....	48
Tabla 4. Resultado del análisis de componentes principales para carne cruda almacenada durante 14 días en refrigeración.....	54
Tabla 5. Resultado de componentes principales para carne a la parrilla de ovino almacenada durante 14 días en refrigeración.....	58
Tabla 6. Concentraciones utilizadas para las pruebas de umbral de los gustos básicos: dulce, salado, ácido y amargo.....	92
Tabla 7. Olores evaluados en la prueba de identificación.....	94
Tabla 8. Olores evaluados en la prueba discriminativa.....	95
Tabla 9. Concentraciones del estándar de olor a café utilizadas para la prueba de umbral.....	95
Tabla 10. Estándares de olor en carne cruda.....	97
Tabla 11. Estándares de adhesividad en carne cruda.....	97
Tabla 12. Estándares de olor en carne cocida.....	97
Tabla 13. Estándares de firmeza en carne cocida.....	98
Tabla 14. Estándares de masticabilidad en carne cocida.....	98
Tabla 15. Estándares de sensación grasa en carne cocida.....	99
Tabla 16. Estándares de intensidad de flavor a ovino.....	99
Tabla 17. Estándares de sabor a grasa.....	99
Tabla 18. Calificación de los jueces en las pruebas de umbral, triangulares y olfativas.....	102
Tabla 19. Descriptores de apariencia, olor, textura y otros en carne cruda.....	103
Tabla 20. Descriptores de apariencia, textura, olor, flavor y otros en carne a la parrilla.....	104
Tabla 21. Principales descriptores para carne de ovino cruda.....	105
Tabla 22. Principales descriptores para carne de ovino a la parrilla.....	105
Tabla 23. Definición y forma de evaluación, así como la escala de cada atributo en carne cruda.....	106
Tabla 24. Definición y forma de evaluación de cada atributo en carne a la parrilla.....	107
Tabla 25. Análisis de Duncan para los atributos de apariencia, olor y textura de carne cruda de ovino, bovino y cerdo.....	110
Tabla 26. Análisis de Duncan para los atributos de apariencia de carne a la parrilla de ovino, bovino y cerdo.....	111
Tabla 27. Análisis de Duncan para los atributos de olor, textura y flavor de la carne a la parrilla de ovino, bovino y cerdo.....	112
Tabla 28. Combinaciones de las muestras para pruebas discriminativas para tres productos.....	129
Tabla 29. Combinaciones de las muestras para prueba discriminativas para dos productos.....	129
Tabla 30. Análisis de varianza de una vía de carne de ovino, bovino y cerdo.....	130
Tabla 31. Análisis de varianza de carne de ovino, cerdo y bovino a la parrilla.....	130
Tabla 32. Análisis de varianza de atributos sensoriales y físico-químicos para carne de ovino cruda.....	131

Tabla 33. Análisis de varianza de atributos sensoriales y fisicoquímicos para carne de ovino a la parrilla.	132
Tabla 34. Correlación entre las variables para carne cruda almacenada durante 14 días a 4 °C	133
Tabla 35. Valores propios para cada una de las variables para carne cruda con respecto a los componentes.....	134
Tabla 36. Correlación entre las variables de carne de ovino a la parrilla almacenada durante 14 días.	135
Tabla 37. Valores propios para cada una de las variables para carne a la parrilla.....	136
Tabla 38. . Correlación entre las variables de proteómica, sensorial y fisicoquímicos	137

Índice de figuras

Figura 1. Estados con mayor población (cabezas) en México en el año 2011 (SIAP, 2012).	15
Figura 2. Hojas de evaluación en FIZZ y estándares.	36
Figura 3. SDS-PAGE de extracto de péptidos de carne cruda de ovino almacenada durante 14 días... ..	49
Figura 4. SDS-PAGE de extracto de péptidos de carne a la parrilla de ovino almacenada a lo largo de 14 días.	50
Figura 5. Análisis de componentes principales para carne cruda de ovino almacenada durante 14 días en refrigeración.	57
Figura 6. Análisis de componentes principales para carne a la parrilla de ovino almacenada durante 14 días en refrigeración.	60
Figura 7. Electroforesis bidimensional de la fracción sacoplásmica de la carne de ovino almacenada durante 14 días.	62
Figura 8. Electroforesis desnaturalizante de proteínas miofibrilares de carne de ovino en refrigeración en los días 1, 5 y 14.	64
Figura 9. Imagen de Western Blot del anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en los días 1, 5 y 14.	64
Figura 10. Imagen de Western Blot del anticuerpo miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en los días 1, 5 y 14.	64
Figura 11. Electroforesis desnaturalizante de proteínas miofibrilares de carne de ovino en refrigeración en los días 1, 5 y 14.	65
Figura 12. Imagen de Western Blot del anticuerpo vinculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato los días 1, 5 y 14.	65
Figura 13. Electroforesis bidimensional de la fracción miofibrilar de carne de ovino en el día 1 de almacenamiento a 4°C.	66
Figura 14. Imagen de Western Blot del anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en el día 1.	66
Figura 15. Imagen de Western Blot del anticuerpo vinculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en el día 1.	66
Figura 16. Imagen de Western Blot de la proteína miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 1.	66
Figura 17. Electroforesis bidimensional de la fracción miofibrilar de carne de ovino en el día 5 de almacenamiento a 4°C.	67
Figura 18. Imagen de Western Blot del anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 5.	67
Figura 19. Imagen de Western Blot del anticuerpo viculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 5.	67
Figura 20. Imagen de Western Blot del anticuerpo miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 5.	67
Figura 21. Electroforesis bidimensional de la fracción miofibrilar de carne de ovino en el día 14 de almacenamiento a 4°C.	68

Figura 22. Imagen de Western Blot de anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 14.	68
Figura 23. Imagen de Western Blot del anticuerpo vinculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 14.	68
Figura 24. Imagen de Western Blot del anticuerpo miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 14	68
Figura 25. Análisis de componentes principales de la variable proteómica (manchas del western blot) de las proteínas desmina, vinculina y miosina.	71
Figura 26. Análisis de componentes principales de la variable sensorial.	71
Figura 27. Análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas.	72
Figura 28. Análisis factorial múltiple de los productos individuales (día 1, 5 y 14) con respecto a las variables de sensorial, fisicoquímico y proteómica.	72
Figura 29. Círculo de correlación de las variables de proteómica, fisicoquímicas y sensoriales obtenido del análisis factorial múltiple.	73
Figura 30. Pruebas de umbral. Orden de presentación evaluación de las muestras.	92
Figura 31. Pruebas de umbral, evaluación de las y muestras.	92
Figura 32. Presentación de las triadas para la evaluación de refresco de cola y salchichas.	93
Figura 33. Presentación de las triadas para la evaluación de bebida energética y salchichas.	93
Figura 34. Presentación de las triadas para la evaluación de jugo de uva y chicharrón.	94
Figura 35. Atributos de la carne cruda contra coeficiente de variación durante las sesiones de evaluación en carne cruda.	108
Figura 36. Atributos de carne cocida de ovino contra coeficientes de variación durante las sesiones de entrenamiento en carne a la parrilla.	109
Figura 37. Perfil sensorial de carne cruda de ovino, bovino y cerdo.	110
Figura 38. Perfil sensorial de carne a la parrilla de ovino, cerdo y bovino.	111

Resumen

El consumo de carne de ovino en México es relativamente estático, sin competir con las carnes rojas y blancas. Sin embargo, los ovinos se adaptan a diferentes ambientes y son de fácil manejo, lo que facilita su producción. Para extender el consumo de este alimento es importante mejorar su percepción por el consumidor, y primordial garantizar la consistencia de la calidad de la carne de ovino., sin embargo hay muy pocos estudios relacionados con esta especie que abarquen en conjunto la parte sensorial, fisicoquímica y bioquímica. El flavor, es muy importante para el consumidor, se debe en parte a algunos péptidos presentes en la carne, que pueden correlacionarse con la intensidad del sabor a ovino de la misma. Un estudio proteómico podría ser una técnica útil para encontrar marcadores proteínicos que sirvieran como indicadores de la calidad, estableciendo correlaciones entre los cambios postmortem y las características sensoriales y tecnológicas de la carne de ovino.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios fisicoquímicos (pH, solubilidad de proteínas totales, sarcoplásmicas y miofibrilares, color instrumental, Warner Bratzler- esfuerzo de corte, análisis de perfil de textura instrumental, actividad de las proteasas ácidas y neutras), sensoriales (análisis descriptivo cuantitativo mezclado con perfil de textura), y de péptidos expresados como equivalentes de citocromo-*c* de la carne de ovino cruda almacenada durante 1, 3, 5, 7 y 14 días. Asimismo, se cocinó la carne a la parrilla evaluando los cambios fisicoquímicos (humedad, color instrumental, WB-esfuerzo de corte, análisis de perfil de textura instrumental), sensoriales (análisis descriptivo cuantitativo mezclado con perfil de textura), y de péptidos expresados como citocromo-*c* en los días 3, 5, 7 y 14. Finalmente, se evaluaron los cambios de las proteínas mioglobina, desmina, vinculina y miosina en carne cruda en los días 1, 5 y 14, por medio de la electroforesis bidimensional e inmunoblot.

En cuanto a la carne cruda, el valor de C^* y b^* se incrementan durante el tiempo; sin embargo, el valor de a^* disminuyó ($p < 0.0001$). El color sensorial, L^* y el ángulo hue (indicador de decoloración) no cambiaron durante el almacenamiento ($p > 0.05$). La solubilidad miofibrilar y sarcoplásmica alcanzan su valor máximo en los días 7 y 14. Asimismo, los parámetros sensoriales de textura como apariencia fibrosa, adhesividad manual, WB y dureza-TPA tuvieron los valores más altos en el día 3; permaneciendo constantes los siguientes días debido a que la actividad de proteasas ácidas presentó su mayor valor en este día ($5.3 \text{ UI mg proteína}^{-1}$); igualmente, el valor de WBSF disminuyó del 2.6 kg en el día 3 a 1.9 kg en los siguientes días ($p < 0.001$). Para las proteasas neutras, su valor máximo se observó en el día 5 ($3.4 \text{ UI mg-proteína}^{-1}$, $p < 0.0001$) para disminuir en los subsecuentes días.

Simultáneamente, en la carne a la parrilla, el tiempo de almacenamiento afectó el color sensorial (superficie de la carne café y crujiente), alcanzando su valor máximo en el día 7 y permaneciendo constante los días 3, 5 y 14. Los parámetros a^* y L^* no cambiaron significativamente ($p>0.05$) El esfuerzo de corte disminuyó de 4 kg en el día 3 y 5 a 3.4 kg al final del almacenamiento El valor máximo para jugosidad fue en los primeros 3 días. En cuanto al flavor a ovino el perfil de electroforesis de los péptidos (10 a 17 kDa) en carne cruda expresados como 3.5 equivalentes de citocromo-*c* no cambiaron significativamente ($p>0.05$) durante el almacenamiento. Sin embargo, en carne a la parrilla los equivalentes de citocromo-*c* aumentaron en los días 7 y 14, con una media de 0.61; mientras en los días 3 y 5 se obtuvo un valor de 0.46 ($p<0.05$), con una $r=0.89$ para la intensidad de flavor a ovino.

Al secuenciar las bandas de los péptidos y comparar las secuencias con las contenidos en las bases de datos de la NCBI se identificaron las siguientes proteínas: subunidad α de la meta-hemoglobina, el gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa y ubiquinona (ubq)-S27a.

Se realizó el análisis de componentes principales para carne cruda, obteniéndose que la correlación entre brillo y solubilidad de la proteínas sarcoplámicas fue -0.83, mientras que la correlación entre brillo y L^* fue 0.85; los dos parámetros cuantificaron la cantidad de agua en la superficie de la carne. La correlación entre olor a sangre y graso fue 0.81, ya que la oxidación de la grasa atribuida al ácido butanóico acentúa el olor a sangre (olor metálico). La correlación entre el esfuerzo de corte y la suavidad fue -0.75, debido a que la técnica para evaluarlas fue diferente.

Para la carne a la parrilla la dureza sensorial esta correlacionada con fibrosidad (0.94), masticabilidad sensorial (0.98) y esfuerzo de corte (0.89). En este estudio, el esfuerzo de corte estuvo altamente correlacionado con los parámetros sensoriales.

El color es un parámetro importante para la decisión de compra del consumidor por lo que se realizó la electroforesis bidimensional de la fracción sarcoplásmica y se identificó a las proteínas inferiores de lado derecho como mioglobinas comparadas con la Base de datos de NCBI. La suavidad es un atributo esencial para la carne, por lo que se estudió la fracción miofibrilar. Para la desmina, en el día uno se observó una mancha intensa, en el día 5 hubo tres pequeñas manchas por lo que disminuyó la intensidad en un intervalo del 20 al 40%, por último en el día 14 se redujo significativamente un 16%. La vinculina marcada con el anticuerpo en el día 5 y 14 tuvo una mancha con una intensidad del 38 y 24% menor, respectivamente, a la del día uno. Por último, se analizó la degradación de la cadena pesada de miosina, ya que las manchas se marcaron en la parte superior y con un pI aproximadamente de 5. El día uno apareció sólo una mancha, y los siguientes días fueron dos manchas, se observó que la

del lado izquierdo y derecho tuvieron un área menor de 3 y 40%, respectivamente. Asimismo, en el día 14 existió una separación más clara, con una disminución del 9 y 88%, respectivamente.

Finalmente, se realizó el análisis factorial múltiple y los vectores mostraron una alta correlación entre WB-esfuerzo de corte para carne cruda con densidad de la desmina ($r=0.96$) en el día 1 y la vinculina ($r=0.93$) en el día 1, 5 y 14. Asimismo, actividad de las proteasas ácidas, WB-esfuerzo de corte para carne a la parrilla, dureza sensorial en carne a la parrilla, masticabilidad, suavidad manual y dureza-TPA para carne cruda están correlacionadas positivamente entre ellas, y correlacionados negativamente con la densidad de la desmina y la vinculina ($r>0.9$). En cuanto a la miosina, en el día uno tuvo una correlación negativa mayor a 0.5 con los parámetros de dureza a la parrilla, masticabilidad, suavidad manual y dureza-TPA de carne cruda. Hubo una correlación positiva de 0.56 con WB-esfuerzo de corte en carne cruda y de 0.81 con actividad de las proteasas neutras.

El color no cambia durante el almacenamiento, lo que no ocurre con la textura, que fue más suave. Por otro lado, los péptidos expresados como equivalentes de citocromo-*c* presentaron una tendencia de correlación con la intensidad a flavor a ovino. Las proteínas estudiadas por medio de inmunoblot podrán ser usadas como marcadores proteínicos, ya que tuvieron correlación con los parámetros de textura fisicoquímicos y sensoriales.

Abstract

The ovine consumption in Mexico is relatively static, and it not competing with red and white meat. However, ovines are adapted to different environments and are easy to handle, which facilitates production. To increase ovine meat ingestion is important to change and improve consumer perception. Also, it is essential to guarantee quality consistency of ovine meat. However, there are few studies related to this species that connected sensory, physicochemical and biochemistry aspects. The flavor is very important to consumer and some meat peptides are responsables for this. Subsequently, peptides can be correlated with the intensity of ovine flavor. Furthermore, proteomic study could be a useful technique to find protein markers as indicators of quality, establishing correlations between postmortem changes, sensory and technological characteristics of ovine meat.

The aim of this study was to evaluate the physicochemical (pH, total protein solubility, sarcoplasmic and myofibrillar, instrumental color, Warner-Bratzler shear force, texture profile analysis, acidic and neutral proteases activity), sensory (Quantitive Descriptive Analysis and texture profile), and peptides expressed as equivalents of cytochrome-*c* from raw ovine meat stored on 1, 3, 5, 7 and 14 days. Also, grilled meat was evaluating in physicochemical changes (humidity, instrumental color, WB-shear force, texture profile analysis), sensory (Quantitive Descriptive Analysis and texture profile), and peptides expressed as cytochrome-*c* on days 3, 5, 7 and 14. Lastly, myoglobin, desmin, myosin and vinculin protein changes are evaluated on days 1, 5 and 14 in raw meat by two-dimensional electrophoresis and immunoblotting

Talking about raw meat, the value of C^* and b^* are increased over time. However, the value of a^* decreased ($p < 0.0001$). Sensory color, L^* and hue angle (indicator discoloration) did not change during storage ($p > 0.05$). The myofibrillar and sarcoplasmic solubility reach their maximum value on days 7 and 14. Furthermore, sensory parameters and texture fibrous appearance, manual adhesiveness WB y hardness-TPA values were higher at day 3, and remained constant due to the following days. Also, the acidic proteases activity showed the highest rate on this day (5.3 IU mg⁻¹ protein) and the value of WBSF decreased from 2.6 kg on day 3 to 1.9 kg on the following days ($p < 0.001$). For neutral proteases, the maximum value was observed at day 5 (3.4 IU mg⁻¹ protein, $p < 0.0001$) to decrease on the subsequent days.

Simultaneously, in grilled meat, storage time affected sensory color (brown meat surface and crunchy) reasing its highest data at day 7 and remained constant on days 3, 5 and 14. The parameters a^* and L^* did not change significantly ($p > 0.05$) The WB-shear force decreased from 4 kg on day 3 and 5 to 3.4 kg at the end of storage The maximum value for juiciness was in the first 3 days.

The ovine flavor related with peptide electrophoresis profile (10 to 17 kDa) in raw meat expressed as 3.5 equivalents cytochrome-*c* were not significantly changed ($p > 0.05$) during storage. However, grilled meat equivalents cytochrome-*c* increased on days 7 and 14 (mean 0.61), while on days 3 and 5 were obtained a value of 0.46 ($p < 0.05$), with $r = 0.89$ to the intensity of ovine flavor.

Peptides bands were sequencing and comparing with databases of the NCBI identified the following proteins: α subunit of the metahemoglobin, glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase and ubiquinone (UBQ)-S27a.

The principal component analysis was performed for raw meat, obtaining the correlation between brightness and sarcoplasmic protein solubility was -0.83, whereas the correlation between brightness and L^* was 0.85, both parameters quantified the amount of water on the surface meat. The correlation between blood and fat odor was 0.81, as the fat oxidation was attributed to butanoic acid and accentuated the blood odor (metallic odor). The correlation between WB-shear force and tenderness was -0.75, because the technique for evaluating them was different.

For grilled meat, sensory hardness was correlated with fibrosity (0.94), sensory chewiness (0.98) and shear force (0.89). In this study, the WB-shear force was highly correlated with sensory parameters.

Color is an important parameter for consumer purchase decision making dimensional electrophoresis for sarcoplasmic fraction and identified proteins in the bottom as myoglobins in NCBI database. Tenderness is an essential attribute for meat; hence, myofibrillar fraction was studied. For desmin the spot was intense on day one. Three small spots was observed on day 5 and decreased the spot intensity in the range of 20 to 40%, finally, it was significantly reduced 16% on day 14. The vinculin spot had 38 and 24% lower intensity on day 5 and 14, respectively, than day one. Lastly, degradation of myosin heavy chain was analyzed as the spots were marked on the top with a pI about 5. Day one showed only one spot, and two spots were marked the following days. The two spots, located at right and left side, had a small area of 3 and 40%, respectively, on five day. Similarly, there was a clearer separation between these spots, with a decrease of 9 and 88%, respectively, on day 14.

Finally, multiple factor analysis was performed. Vectors showed a high correlation between WB-shear force in raw meat with desmin density ($r = 0.96$) on day 1 and vinculin ($r = 0.93$) on day 1, 5 and 14. Likewise, acid protease activity, WB-shear force in grilled meat, sensory hardness grilled meat, chewiness, manual tenderness and hardness-TPA for raw meat are positively correlated among them and they were negatively correlated with desmin and vinculin density ($r > 0.9$). Concerning myosin density was a negative correlation greater than 0.5 with grilled hardness, chewiness, tenderness

and hardness-TPA of raw meat on day one. Similarly, myosin density was a positive correlation 0.56 with raw meat WB-shear force and 0.81 with neutral protease activity.

The color did not change during storage; nevertheless, the texture was softer. Moreover, the peptides expressed as equivalents of cytochrome-*c* had a tendency of correlation with ovine meat flavor intensity. The proteins, studied by immunoblotting, may be used as marker proteins, for the reason that, they had correlation with physicochemical and sensory texture parameters.

1. Antecedentes

La cadena de la producción de la carne abarca desde el productor hasta el consumidor, siendo el consumidor el eslabón más importante debido a que se relaciona directamente con la presentación y precio del producto. Asimismo, las normas sanitarias y de inocuidad son cada vez más exigentes y existe una gran preocupación por una producción sustentable.

1.1 Situación económica del ovino en México y en el mundo

Para el consumo de la carne de ovino no hay tabúes religiosos o culturales, lo cual contrasta con los que existen para la carne de bovino (religión hinduista) y cerdo (religión judía) (Young y Braggins, 1998). La industria de la carne promueve que se informen y conozcan las opciones disponibles en cortes y calidad, de acuerdo a la norma NMX-FF-106-SCFI-2006 Productos pecuarios—carne de ovino en canal-clasificación. La especialización en la producción de ovinos está mejorando con el tiempo, a medida que los sistemas de producción y alimentación son más sofisticados. La producción de ovinos y el sector de procesamiento están fuertemente influenciados por el comercio mundial, a través de los precios exigidos por los clientes en el extranjero. El consumo en el mercado interno, sin embargo, es relativamente estático y no compite en precios con las carnes rojas y blancas. Ello es debido a que, a pesar de que los consumidores tienen una percepción positiva del ovino (apreciando en gran medida el sabor de su carne), aún tienen la creencia de que es una carne grasa.

La carne nacional es preferida por el consumidor, debido a que la carne importada se congela durante largo tiempo perdiendo algunas de sus cualidades (el sabor, la suavidad y el olor, por ejemplo). Sin embargo, el consumo de carne de ovino es fundamentalmente en barbacoa; en los últimos años han prosperado nuevos productos, como el cordero al pastor, al ataúd, lechal (sustituto de cabrito), cortes de cordero y raciones de barbacoa enlatada o empacada al vacío (<http://www.borrego.com.mx/archivo/n46/f46diagnostico.php>).

En cuanto a las estadísticas nacionales, para el 2009 se reportó una producción de carne ovino de 51,275 toneladas (SIAP, 2012) y para el año 2011 fue de 56,546 toneladas, con un crecimiento del 10%. La cantidad de animales en pie/sacrificados fue de 2,882,210 cabezas, con respecto a una población de 8,219,390 cabezas (SIAP, 2012; FAO, 2013).

La producción ovina en México se localiza principalmente en el centro y sur del país, generalmente se realiza bajo sistemas de pastoreo tradicionales, con escasa tecnología y con una productividad limitada. Los cambios meteorológicos, además, han erosionado las tradicionales zonas productoras de esta

especie. Por éste motivo, el tipo de ovino producido en México ha cambiado en la última década, siendo dominante el ganado de pelo. Los estados con una mayor población de ovinos son (Figura 1).

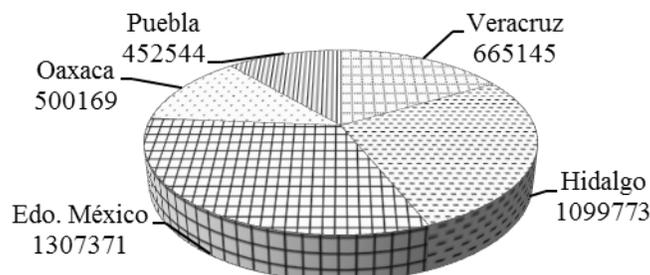


Figura 1. Estados con mayor población (cabezas) en México en el año 2011 (SIAP, 2012).

La producción de ovinos es el 2% del valor de la producción de carnes, con un crecimiento de la demanda del 5.9% anual. Sin embargo, se tiene una alta dependencia de las importaciones (más del 50% de la demanda) debido a que la oferta nacional crece a un ritmo menor que la demanda. Por otro lado, se está iniciando la producción de leche de ovino para la elaboración de quesos de alto valor agregado (SAGARPA, 2012).

En México, el consumo de carne por persona (res, cerdo, ave, ovina y caprina en conjunto) en 1990 fue de 34 kg, y actualmente de 63 kg, registrando un incremento de 84.5%. Cabe mencionar que para el periodo señalado la población creció 2.3 veces, con lo cual el número de consumidores registró también un aumento (SIAP, 2012). El Consumo Nacional Aparente de carne de ovino (CNA) se incrementó de 47,099 ton en 1990 a 85,965 ton en 2005, representando 82.5% de aumento. Para estas cifras, la producción nacional contribuyó de 1990 a 2005 con el 46.4%, mientras que el 53.6% restante se importó principalmente de Australia y Nueva Zelanda (89%), Estados Unidos (9%) y Chile (2%) (SAGARPA, 2012). La perspectiva para el 2020 en cuanto al consumo de carne ovina es de 100,000 toneladas y un consumo per cápita de 0.7 kg en México (OCDE-FAO, 2011).

La raza de ovino pelibuey, originario de Cuba, representa el mayor inventario de ovinos en México. Se encuentra en todos los climas y estados, con un constante crecimiento. En esta raza existen tres variedades: canelo, blanco y pinto. En México se ha seleccionado esta raza por la ganancia de peso y características maternas, creando una raza ideal para producción intensiva de carne de ovino en los trópicos, con un peso adulto de 50-60 kg en hembras y de 85-100 kg en machos.

Existen 12 rastros o empresas procesadoras TIF para ovinos en todo el país: #214 Frialsa Frigoríficos S.A. de C.V. Culiacán Sinaloa, #243 Rastro Municipal de Torreón, #366 Corrales de San Ignacio S.P.R. de R.L. De C.V. Chihuahua, Chihuahua, #65 Empacadora y Frigorífico de La Unidad Ganadera Regional de Durango Durango, Durango, #194 Abastos Cuautitlán, S.A. de C.V. Cuautitlán, Edo de México, #422 Empacadora El Arbolito S.A. de C.V. Teoloyucan, Estado de México, #333 Rastro Frigorífico y Servicios Integrales del Bajío S.A. de C.V. León, Guanajuato, #508 Alimentos El Pesebre, S.P.R. de R.L. Municipio de Ciudad Altamirano, Guerrero, #495 Alimentos Naturales Rancho Viejo, S.A. de C.V. Tulancingo, Hidalgo, #505 Sucabrito, S.A. de C.V., Cadereyta Jiménez, Nuevo León, #51 Frigorífico y Empacadora de Tabasco, S.A. de C.V. Villahermosa, Tabasco, #424 Corderico de México S.A. de C.V. Tepatitla de Lardizabal, Tlaxcala.

En el panorama mundial de la carne, la producción de carne de ovino en 2009 fue de 12.9 y en 2011 de 13 millones de toneladas. En cuanto al comercio, en 2009 fue de 0.9 y el 2011 de 0.8 millones de toneladas. El precio de la carne de ovino en 2010 fue de 400 dólares/tonelada y entre enero y octubre de 2011 fue de 700 dólares/tonelada, siendo el aumento más alto en el sector cárnico, seguido por las carnes de bovino y aves de corral (FAO, 2013). La producción carne ovina continuó sin crecimiento durante 2011, debido a la disminución de los rebaños en Oceanía, Europa y América del Norte. Asimismo, la producción de los pequeños rumiantes en China está disminuyendo por la limitación de las autoridades a la explotación del ovino para prevenir la erosión y desertificación. Igualmente, Australia no esta vendiendo sus corderos, esperando que el precio alcance un nivel máximo. Por lo que los países exportadores poco comunes como Argentina, India y la República Islámica del Irán han aprovechado para posicionarse en el mercado de la carne ovina. En China, en abril del 2011 se emitió una ley de restricción a la importación de carne de ovino, lo que influyó en los precios de ésta. El ovino en el mundo es consumido en festividades religiosas, y en algunos países como Australia, las estaciones del año son un factor que afecta a los diferentes cortes: en verano es temporada de barbacoa y la demanda de chuletas de cordero aumenta. El invierno es la temporada de ventas de asados, incluyendo las patas de cordero.

Por ésta razón, hay una creciente necesidad de dedicarse a la producción de ovinos, apoyándose en la genética, en la proteómica y en su relación con el análisis sensorial, de forma que se pueda proporcionar el producto esperado por el consumidor, con un mayor valor agregado en el mercado.

1.2 El músculo

Las proteínas en el músculo están clasificadas como miofibrilares, sarcoplásmicas, del tejido conectivo y organelos. El músculo está rodeado de tejido conectivo llamado epimisio. Las células musculares son largas y multinucleadas, llamadas miofibrillas o fibras, y están ordenadas en grupos longitudinales, envueltas en tejido conectivo llamado perimisio. Cada miofibrilla está rodeada de una tercera capa de tejido conectivo, llamada endomisio. Las miofibrillas ocupan del 75-85% de la célula muscular, tienen unidades repetidas en series llamadas sarcomeros. Otro componente importante de la célula muscular son las mitocondrias, llamadas aquí sarcosomas, situadas en la periferia y dentro de la célula muscular y ocupando del 2 al 10% del volumen total de ésta (McCormick, 1994).

Las proteínas miofibrilares, junto con el tejido conectivo, forman la estructura física del músculo y las sarcoplásmicas tienen funciones en varios procesos (Lawrie, 1998). Las proteínas miofibrilares son solubles en soluciones de alta fuerza iónica ≥ 0.3 , e incluyen a aquellas responsables del movimiento (proteínas contráctiles) y a las reguladoras de la contracción (proteínas reguladoras). Las células musculares son estriadas, es decir, cuando se ven a través de un microscopio de luz polarizada se distinguen patrones de bandas. La estructura del sarcómero es responsable de la apariencia estriada de las miofibrillas, ya que posee regiones con propiedades refractivas diferentes. Las bandas claras son isotrópicas, por lo que son llamadas bandas-I. Las bandas oscuras son anisotrópicas y por lo tanto son llamadas bandas-A (Huff-Logergan, 2010). Un análisis proteómico reciente estimó que más de 65 proteínas forman parte del sarcómero (Fraterman y col., 2007). Estas proteínas interactúan unas con otras de una manera coordinada, y muchas de estas interacciones están siendo descubiertas aún.

Las miofibrillas están compuestas de muchos miofilamentos, clasificados en delgados y gruesos. Sin embargo, existe un tercer tipo de filamentos compuestos principalmente de titina (Tskhovrebova y Trinick, 2010). Los filamentos gruesos están compuestos de la proteína miosina, que está cargada negativamente, con un punto isoeléctrico de 5.3. Es una proteína grande, de aproximadamente 500,000 daltones, y contiene seis polipéptidos, los cuales consisten en una cola alfa-helicoidal que forma la columna vertebral de los filamentos gruesos y una cabeza globular que se extiende a los filamentos delgados e interactúa con la actina. Cada molécula de miosina contiene dos cadenas pesadas de aproximadamente 220,000 daltones.

Por otro lado, la actina es la segunda proteína más abundante en las miofibrillas, aproximadamente el 20%, siendo el componente principal de los filamentos delgados. La actina es una proteína globular (G-actina) que se polimeriza para formar filamentos de F-actina.

Otras dos proteínas importantes, asociadas con los filamentos delgados, son la tropomiosina y la troponina. La tropomiosina, la segunda proteína más abundante en los filamentos delgados (7%), está formada por dos cadenas polipeptídicas (alfa y beta). La cadena alfa tiene un peso molecular aproximado de 34,000 y la beta de 36,000 daltones, e interactúan una con otra formando una hélice. La tropomiosina nativa interactúa con la molécula de troponina para regular la contracción. La troponina nativa es un complejo que consta de tres subunidades: I (23,000 daltones), C (18,000 daltones) y T (37,000 daltones). Para que la contracción ocurra, los filamentos delgados y gruesos interactúan por medio de la cabeza de la miosina; el complejo formado es conocido como actomiosina. En los músculos postmortem, esta unión se vuelve irreversible, lo que da origen a la rigidez que se desarrolla en el músculo postmortem. La cabeza globular de la miosina también posee actividad enzimática, por lo que puede hidrolizar ATP liberando energía (Robson y col., 2004).

El costámero fue descrito a principio de los años 80 del siglo pasado como un conjunto de proteínas subsarcolemales ensambladas en la circunferencia de la periferia de las miofibrillas, y varios constituyentes de los costámeros han sido detectados en la línea M. Las proteínas del costámero físicamente interactúan con el disco Z y se ha detectado a la desmina, la vinculina y la vimentina como parte de los costámeros (Ervasti, 2003).

La desmina es una proteína mayoritaria de los filamentos intermediarios, con un papel importante en mantener la alineación lateral de miofibrillas adyacentes y unir la capa periférica de las miofibrillas a la membrana celular del citoesqueleto. La posición de la desmina, por lo tanto, le permite transmitir el encogimiento transversal de las miofibrillas a la célula entera, provocando la pérdida por goteo (Robson y col., 1997). Asimismo, esta proteína es conocida como sustrato de las calpainas y su degradación afecta a la capacidad de retención de agua, entre otras propiedades funcionales de la carne durante el almacenamiento postmortem (Melody y col., 2004).

Por otro lado, existen las proteínas solubles en soluciones de baja fuerza iónica (conocidas como sarcoplásmicas), las cuales constituyen del 25 al 30% del total de las proteínas musculares; su punto isoeléctrico se encuentra entre 6 y 7. Este grupo está compuesto, en su mayor parte, por enzimas y por la mioglobina. También se encuentran en él las endopeptidasas y la enzima gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa, que representa hasta el 20% del total de la proteína soluble en la célula muscular. La materia seca del músculo tiene, en promedio, un 1% de mioglobina. Esta proteína consta de una cadena polipeptídica (globina) de 16.8 kDa, con un pigmento en un sitio hidrofóbico, rodeado de histidina.

1.3 Cambios *postmortem* en la carne

La composición, la estructura y el proceso metabólico del músculo esquelético tienen un gran impacto sobre la calidad de la carne y su uso en procesos posteriores (Huff–Lonergan y col., 2010). Antes de la exanguinación, la oxidación de glucógeno u otros sustratos para formar agua y bióxido de carbono vía fosforilación oxidativa es eficiente para que la célula genere ATP. Sin embargo, tras la exanguinación, la célula muscular debe cambiar a la vía anaeróbica para producir energía. Inmediatamente después de la muerte, el músculo es suave, flácido y seco. La rigidez cadavérica (*rigor mortis*) ocurre después de pocas horas, dependiendo de la especie. El rigor puede ocurrir en varias etapas de contracción y relajación, aunque después de un tiempo el músculo se relaja. Pero cuando el nivel de ATP es bajo, la separación de la miosina y la actina no ocurre y el músculo permanece rígido, en estado de contracción. Por esa razón, el músculo depende de la presencia de ATP para llevar a cabo el proceso de contracción-relajación. Cuando el músculo se convierte en carne ocurren varios cambios: una disminución gradual de la energía disponible, un cambio de metabolismo aerobio a anaerobio, favoreciendo la producción de ácido láctico lo que a su vez provoca un cambio en el pH hasta valores de 5.4-5.8, un incremento en la fuerza iónica por la incapacidad para funcionar de las bomba de calcio, sodio y potasio ATP-dependientes y, por último, la incapacidad de la célula para mantener condiciones de reducción (Offer y Knight, 1988). Asimismo, en el proceso *postmortem* el pH decae y se invierte la polaridad en el músculo, y dentro de las células los componentes ácidos son reemplazados por otros de naturaleza básica. Por esta razón se neutralizan los protones generados en la glicolisis y, consecuentemente, se da una desaceleración en el proceso de acidificación (Bras y col., 2005). Del mismo modo, existe un incremento en la oxidación de las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas (Rowe y col., 2004).

Con el músculo ya como carne, la maduración o almacenamiento es acompañada de cambios morfológicos que afectan primeramente al citoesqueleto. Los cortes son almacenados y refrigerados durante una semana o más, dependiendo de las prácticas nacionales o las regulaciones de venta, siendo necesario este tiempo para el desarrollo de las propiedades sensoriales de la carne. La línea Z, que es una estructura repetida que separa a los sarcómeros, se fragmenta durante la maduración. La carne se vuelve más suave, debido a los cambios proteolíticos que ocurren en la arquitectura de las miofibrillas y las proteínas asociadas a éstas. Varias proteínas son degradadas *postmortem*: p. ej. la titina una megaproteína de aproximadamente 3 megadaltones, la proteína más grande de los tejidos de animales mamarios y la tercera más abundante en el músculo. Por otro lado, la desmina, localizada en la periferia del disco Z, tiene un papel importante en el desarrollo de la suavidad (Melody y col., 2004) debido a que la enzima proteolítica μ -calpaina es responsable, en parte, de la degradación de la desmina bajo

condiciones postmortem normales. Al ser la desmina altamente sensible a la proteólisis postmortem, la degradación de ésta y otros filamentos intermediarios contribuye al desarrollo de la suavidad de la carne durante el almacenamiento postmortem (Zhang y col., 2006). La desmina tiene un papel importante en la organización y mantenimiento de la integridad y fuerza de las miofibrillas y de toda la estructura del citoesqueleto (Robson y col., 1997). Mohammad y col. (2004) reportaron que la velocidad de degradación de la desmina es mucho más lenta que la de la nebulina. Después de dos días postmortem, la desmina sí es degradada, aunque los resultados no son significativamente diferentes del nivel que tenía durante la matanza. Sin embargo, sí se degradó significativamente después de 3 y 5 días de almacenamiento, con una pérdida del 33 y 71%, respectivamente.

El proceso de obtención de suavidad de la carne es un proceso de naturaleza enzimática, y los sistemas proteolíticos más estudiados son catepsina, calpaínas y el proteosoma 20S (Sentandreu y col., 2002). Las catepsinas fueron el primer mecanismo estudiado en el proceso de suavidad de la carne. Pero muy pronto las calpains recibieron más atención, por su capacidad de alterar la densidad de la línea Z postmortem; sin embargo, no han sido correlacionadas totalmente con la suavidad (Taylor y col., 1995). Las calpaínas son inhibidas por la calpastatina, una proteína altamente poliformica, y las catepsinas tienen inhibidores llamados cistatinas (Dubin, 2005), que son inhibidores del tipo de las cistein peptidasas (Barrett, 1987).

El sistema de calpains en el músculo esquelético está compuesto por al menos ocho calpains, lo cual sugiere que es un sistema más sofisticado de lo que se cree. Por ejemplo, se encontró en la mitocondria que el nivel de la calpaina 10 decrece durante el almacenamiento; sin embargo, no se ha establecido si tiene algún papel en la aparición de suavidad en la carne (Mohammad y col., 2004).

Por otro lado se han estudiado las caspasas, en relación con que las células en estado postmortem cometen suicidio: el proceso de apoptosis empezaría inmediatamente. La mitocondria es un elemento central en el proceso de apoptosis: la membrana externa de ésta se vuelve permeable a todos los componentes proteínicos localizados en el espacio intermembranal, incluyendo citocromo c y el activador de caspasa 9. Si reconsideramos el proceso de suavidad de la carne como la introducción de la muerte celular programada, las primeras peptidasas activadas después de la exanguinación serían las caspasas. Éstas están en una mejor posición que las otras peptidasas para alterar la estructura celular, ya que es su principal función *in vivo* (Creagh y Martin, 2001).

Durante el almacenamiento hay cambios en algunas de las propiedades funcionales de la carne, como: solubilidad y capacidad de retención de agua, entre otras, debido al cambio en la estructura del citoesqueleto.

1.3.1 Solubilidad de las proteínas

Uno de los principales factores que afectan a la solubilidad de las proteínas es la hidrofobicidad de los aminoácidos que las forman. Esta puede definirse como el exceso de energía libre de un soluto disuelto en agua, comparada con la que ofrece un disolvente orgánico (etanol) en condiciones similares. Las sales afectan a la estabilidad de las proteínas: a concentraciones bajas, los iones interactúan con las proteínas por interacciones electrostáticas; a concentraciones más altas, las sales tienen efectos ión específicos que influyen sobre la estabilidad estructural de la proteína. Los cloruros, fluoruros y sulfatos son estabilizadores de la estructura, las sales de los demás aniones son desestabilizadoras de la estructura. Las sales que estabilizan a las proteínas promueven su hidratación y se fijan débilmente a ellas (Bosshard y col., 2004).

Generalmente, las proteínas tienen una gran influencia sobre los atributos sensoriales de los alimentos: para los productos cárnicos en concreto, sobre las propiedades de textura. Las propiedades funcionales espesante, espumante, emulgente y gelificante de las proteínas se ven afectadas por la solubilidad: Las interacciones hidrofóbicas promueven la asociación proteína-proteína y disminuyen la solubilidad; las iónicas promueven la asociación proteína-agua y aumentan la solubilidad. A valores de pH inferiores o superiores al pI, las proteínas tienen carga positiva o negativa, respectivamente; la repulsión electrostática y la hidratación de los restos cargados promovería la solubilización de las proteínas. El mínimo de solubilidad se debe a la ausencia de repulsión electrostática, lo que promueve la agregación y precipitación por la vía de las interacciones hidrofóbicas. Las proteínas, a pesar de ser isoelectricamente neutras en valores de pH coincidentes con su pI, tienen cargas en su superficie, aunque la suma de éstas sean iguales (Damodaran, 2000).

Una herramienta importante para el estudio de la carne durante el almacenamiento es el análisis sensorial. Maga (1987) evaluó el papel del glutamato monosódico (ya que debido a la hidrólisis parcial de las proteínas hay una liberación de ácido glutámico) sobre la intensidad de flavor de varias proteínas purificadas de carne, incluyendo bovino, puerco, ovino y pollo. La carne de bovino y cerdo obtuvieron el mayor puntaje (60) y el ovino el menor (41, en una escala de intensidad de 0 a 100).

1.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial es una ciencia que surge en la Segunda Guerra Mundial. El gran auge se produce cuando la industria alimenticia comienza a preparar las raciones alimentarias para los soldados y se ve la necesidad de que éstas sean apetecibles. Es en ese momento cuando se desarrollan distintas técnicas y se avanza sobre la normalización y el conocimiento de la percepción humana.

La evaluación sensorial es una disciplina reconocida en la ciencia de los alimentos, así como en la industria, por los consumidores y sus productos. La evaluación sensorial ha sido definida como un método científico usado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos a través del olor, tacto, sabor, vista y sonido (Stone y Sidel, 1993). La evaluación sensorial es una ciencia cuantitativa en la cual datos numéricos provenientes de metodologías estandarizadas son recopilados para establecer relaciones específicas y confiables entre las características del producto y la percepción humana.

1.4.1 El gusto

Los órganos especializados en la lengua y en el paladar suave contienen los receptores del sentido del gusto. Agrupados en conjuntos de 30 a 50 células, se encuentran los receptores de los gustos en la membrana celular, localizados en glándulas con capas que asemejan a un capullo.

Los cuatro gustos clásicos son dulce, salado, ácido y amargo (Bartoshuk, 1978). Otro más ha sido propuesto para unirse al grupo de la categoría fundamental de gusto, ya que no se encuentra asociado a ninguno de los otros gustos básicos; es el umami, que indica la presencia de aminoácidos e incrementa la producción de saliva al formar el bolo alimenticio (Uneyama y col., 2009). Asimismo, los compuestos que imparten este gusto como el ácido glutámico o la 5'inosina monofosfato modifican el sabor de los alimentos. Es interesante mencionar que el ácido glutámico representa aproximadamente el 20% del total de los aminoácidos en las proteínas de fuentes animales (miosina y actina, aproximadamente 20 g/100 g de carne)

1.4.2 El olfato

Las células especializadas del epitelio olfatorio tienen la capacidad de detectar cantidades traza de sustancias volátiles de variaciones casi ilimitadas de intensidad y cualidad de olores y sabores¹. La amplia contribución de la diversidad de sabores proviene de las moléculas volátiles que viajan en el

¹Flavor a diferencia del sabor es cognitivo, significa que el reconocimiento del flavor sucede post-sensorial. Asimismo, incluye las propiedades de textura en boca y sensaciones trigeminales.

aire percibidas por los receptores olfativos. Sin embargo, mucha gente ignora que la sensación olfativa es responsable de la percepción del flavor. Por ejemplo el sabor a limón se deriva de compuestos de tipo terpeno, los cuales llegan a la cavidad nasal a través de la boca, y no sólo a través de las sensaciones del gusto (ácido, dulce y amargo). Por otro lado, los olores tienden a enmascarse unos a otros; por ejemplo, tras el análisis del aroma de queso por cromatografía de gases, los componentes encontrados por sí solos no tenían aroma a queso, este aroma sólo ocurre en mezcla (Moio y col., 1993)

.1.4.3 Las sensaciones trigeminales

Las respuestas neuronales inespecíficas son importantes, debido a que es una sensación generalizada en la boca y en la nariz, y sobre todo el cuerpo. La cornea es sensible a la irritación química, por ejemplo al cortar la cebolla. Los nervios trigeminales han sido descritos recientemente como un ejemplo de quimiostasis (Green y Lawless, 1991), como es el caso de la sensación del dióxido de carbono en el refresco, lo quemante de los chiles, la pungencia de las especias; sin embargo, esta característica ha sido sobreestimada en comparación con el olor y los gustos.

Otras sensaciones de este tipo son el resabio metálico y la astringencia. El gusto metálico es usado ocasionalmente para describir residuos dulces de la acetosulfamida-K, éste es un indicador usado en enfermedades del gusto y sensación quemante en la boca (Lawless y Zwillinberg, 1983). La astringencia es provocada por la precipitación de la mucina, una proteína presente en la saliva que precipita al contacto con los taninos.

1.4.4 Pruebas sensoriales

Hay tres tipos de pruebas sensoriales comúnmente aplicadas, las cuales tienen diferentes metas y cada una difiere en los criterios de selección utilizados por los participantes. En la Tabla 1 se muestran las características de algunas de ellas (Lawless y Heymann, 2010):

Tabla 1. Clasificación de las principales pruebas sensoriales

Clase	Pregunta de interés	Tipo de prueba	Características del panel
Discriminativas	¿Los productos son diferentes?	Analítico	Proyectada a la agudeza sensorial, orientada al método de prueba y de entrenamiento
Descriptivas	¿Cómo los productos difieren en características sensoriales específicas?	Analítico	Proyectada a la agudeza sensorial y motivación. Altamente entrenada.
Afectivas	¿Qué tanto gustan los productos y cuáles son preferidos?	Hedónico	Proyectada hacia el uso de un producto, sin entrenamiento.

1.4.5 Análisis descriptivo

El primer método de análisis descriptivo Flavor Profile fue desarrollado en Arthur D. Little, Incorporation a finales de los años cuarenta del siglo pasado. Sin embargo, estaban aún por emerger variaciones y refinamiento en las técnicas del análisis descriptivo. Un grupo en el General Foods Technical Center a principios de los años 60 desarrolló un método refinado para cuantificar la textura de la comida (Szczeniak, 1975). A principios de los años 70 en el Stanford Research Institute se propuso un método para el análisis descriptivo que remediaría las limitaciones del Flavor Profile, siendo más aplicable a todas las propiedades sensoriales y no sólo a aquellas de sabor y textura (Stone y col., 1974), éste fue llamado Análisis Descriptivo Cuantitativo-QDA.

Para los científicos sensoriales, el análisis descriptivo es una de sus más sofisticadas herramientas. Comúnmente, las técnicas descriptivas producen descripciones objetivas de los productos en atributos sensoriales. Es decir, los aspectos cualitativos de un producto incluyen el aroma, apariencia, flavor, textura, resabio y propiedades de sonido que los distingue de otro producto (Murray y col., 2001). Entre algunas de sus aplicaciones se encuentran los cambios del producto a través del tiempo, como la vida de anaquel, empaques; control de calidad, estudio de productos prototipo, etc.

1.4.5.1 Perfil del flavor

Es una prueba cualitativa, acuñada por Lören Sjostrom, Stanley Cairncross y Jean Caul. Fue usado para describir el complejo flavor de los efectos del glutamato monosódico en la percepción de los sabores. Al introducirse las escalas numéricas se le renombró Análisis del Perfil de los Atributos (PAA), lo cual

permitió utilizar técnicas estadísticas para facilitar la interpretación de los datos. Su mayor desventaja es que depende de pocas personas altamente entrenadas (cuatro a cinco), por lo que si un miembro del panel se retira del experimento los resultados se verán fuertemente afectados (Murray y col., 2001).

1.4.5.2 Análisis descriptivo cuantitativo-QDA

Es útil en situaciones en las que se necesita detallar los atributos sensoriales de un producto o una comparación de varios productos (Gillette, 1984). Fue desarrollado durante 1970 para corregir algunos de los problemas que tenía el Perfil del Flavor. A diferencia del Perfil del Flavor y del PAA, los datos no son generados a través de discusiones entre los panelistas, los líderes del panel no son participantes activos y las escalas son usadas para describir la intensidad de los atributos. El objetivo es identificar y cuantificar las características sensoriales de un producto, por lo que sirve para construir un modelo multidimensional cuantitativo de los parámetros que definen al producto (Murray y col., 2001).

La fase de entrenamiento comienza con el desarrollo de un lenguaje común, el cual es comprensible y describe los atributos del producto; un panel nuevo desarrolla el lenguaje sensorial por sí mismo (Hunter y McEwan, 1998). Una vez que los términos son seleccionados, se utiliza una escala de referencia en común para ilustrar/definir los atributos del producto y su intensidad (Muñoz y Civille, 1998). La formación de los conceptos sensoriales generalmente envuelve dos procesos; abstracción y generalización.

Sin embargo, una limitación de este método es la dificultad para comparar resultados entre paneles, entre laboratorios y de tiempos diferentes. Asimismo, no se ha utilizado frecuentemente en adultos mayores debido a su declive en el sentido del olfato (Cain y Stevens, 1989) y sensibilidad a la textura (Stevens y col., 1995), aunque el interés en los consumidores en edad adulta se ha incrementado rápidamente debido al aumento de la población con estas características.

1.4.5.3 Perfil de textura

La textura de un objeto es percibida por los sentidos de la vista (textura visual), tacto (textura táctil) y oído (textura auditiva).

Fue creado por científicos que trabajaban para General Foods durante los años 60 del siglo pasado. La meta del perfil de textura (TPA) es diseñar una técnica sensorial que permita describir todas las características de textura de un producto, desde el principio de la masticación. Es definido por Civille y Liska (1975) como el análisis sensorial de textura en un alimento, en términos mecánicos, geométricos, de grasa y humedad, el grado en que están presentes y el orden en que aparecen desde la primera

mordida hasta la completa masticación. Szczesniak (1963) desarrolló un sistema de clasificación de textura para unir el puente entre la terminología del consumidor y las propiedades reológicas del producto. Se categorizó la percepción de la textura en tres grupos (Surmacka-Szczesniak, 2002):

- Características mecánicas: relativas a la reacción del alimento ante el esfuerzo:
 - Primarias: dureza, cohesión, viscosidad y adhesividad.
 - Secundarias: correoso, gomoso, quebradizo.

- Características geométricas: relativas a la percepción de la forma del alimento.
 - Aquellas relacionadas con el tamaño y forma de las partículas (arenoso).
 - Aquellas relacionadas con la forma y orientación (fibroso).

- Otras (grasa y humedad).

Los panelistas deben ser entrenados en como morder, masticar y tragar en un método estandarizado, por lo que son expuestos a diferentes alimentos en referencia a escalas (Lawless y Heymann, 1999).

La calidad de la carne depende de las propiedades sensoriales, como color, textura, flavor y jugosidad, las cuales están relacionadas con características zootécnicas como raza, edad, sexo y características anatómicas como tipo de músculo, alimentación, manejo o si fue sometido a estimulación eléctrica (Ruiz de Huidobro y col., 2000).

1.4.6 Análisis sensorial en la carne

La carne es un producto complejo, por lo que su evaluación no es un trabajo fácil. A pesar de que hay estudios instrumentales objetivos, sólo dan explicaciones parciales de la serie de complejas interacciones que se dan en el cocinado, el olor, masticado y deglución de la carne (Thompson, 2002). El flavor de la carne es una de las principales características que afectan a la calidad de la carne y los productos cárnicos. Asimismo, los cuatro gustos básicos se pueden encontrar en la carne en diferentes intensidades, dependiendo del tipo de cocción. Por otro lado, cada especie tiene su característica definida como: flavor de cerdo, de res, de ovino y de pollo. Los sabores más importantes son debidos a aminoácidos, péptidos, hipoxantinas, ácido láctico y succínico, las sales de sodio de ácido glutámico y aspártico. Las principales reacciones que ocurren durante la cocción son pirolisis de aminoácidos y péptidos, degradación de carbohidratos, reacción de Maillard, degradación de tiamina y lípidos (Toldrá y Flores, 2007).

Los descriptores para la textura de la carne no varían entre especies. La carne de bovino es almacenada de 0 a 4°C, para que la suavidad disminuya cuando se cocina y algunas veces se almacena hasta durante 14 días para garantizar la suavidad (Thompson, 2002). La maduración de la carne incrementa la intensidad del flavor, pero también se ha relacionado con el incremento de olores y sabores indeseables (Immonen y col., 2000). En cuanto a la carne de ovino, Sañudo y col. (1998) encontraron la menor suavidad para los animales de 20 días de vida, y además observaron diferencias significativas en las características sensoriales de la carne evaluada por paneles de diferentes nacionalidades. La dieta de los ovinos influye en su olor y flavor característico, se considera que los borregos tienen un flavor con notas mayores a especias que los corderos o lechales (Young y col., 1994). Igualmente, el análisis sensorial es una herramienta importante debido a que la inyección de CaCl o NaCl para aumentar la suavidad genera sabor amargo en la carne, porque se relaciona la cantidad de sal inyectada con la suavidad y sabor amargo (Murphy y Zerby, 2004). Sañudo y col. (1998) reportaron que el flavor a ovino es detectado fácilmente cuando la carne se almacena durante periodos largos, lo que concuerda con lo reportado por Rousset-Akrim y col. (1997), los cuales indican que los productos de la proteólisis (péptidos) están relacionados con los compuestos del flavor y que se incrementan a partir de los 7 días de almacén. En otro estudio, realizado por Tejeda y col. (2008), se compararon los pesos de sacrificio y el sexo, no hallándose diferencias en el olor a ovino; sin embargo, en el atributo de fibrosidad, la carne de los animales de menor peso (22 kg) presentó el menor valor en este parámetro. Por otro lado, no hay diferencia en el perfil sensorial de los ovinos con respecto al sexo, lo que también ha sido reportado por Dransfield y col. (1990) y Teixiera y col. (2005).

1.5 Parámetros fisicoquímicos medidos en la carne

Los instrumentos son usados para medir ciertas características físicas o químicas que afectan a los estímulos sensoriales percibidos por el ser humano; sin embargo, no pueden medir los estímulos sensoriales, siendo sólo usados para proveer una medida que pueda ser usada como predictor de la respuesta sensorial.

1.5.1 Color

El color es un parámetro muy complejo y es el mayor componente de apariencia en la carne y sus productos. Los métodos instrumentales para medir el color están basados en una fuente de luz y un detector. Los objetos absorben y reflejan la luz de una determinada longitud de onda, luz que es detectada por un instrumento o un observador (Lyon y Lyon, 2002). La percepción del color en un objeto es afectada por tres factores: la composición química y física del objeto, la composición

espectral de la fuente de alimentación y la sensibilidad espectral del observador. El color de un objeto puede variar en tres dimensiones: tonalidad (hue), que se refiere al color de un objeto; luminosidad, que se refiere al brillo; y saturación o pureza del color.

1.5.2 Textura

La suavidad de la carne es uno de los temas más discutidos en la carne, es un gran logro para los científicos y la industria cárnica obtener productos con suavidad garantizada y estandarizada (Koochmaraie, 1994). Para obtener una medida objetiva se debe escoger el método apropiado. El método de corte es el más importante para todo el músculo y el método de compresión es mejor para salchichas; sin embargo, la cohesividad es preferible para productos reestructurados como *nuggets*. Uno de los métodos más usados es el de Warner- Bratzler o Kramer (KPS), procedimiento diseñado para cortar a través de las fibras musculares. Otra técnica empleada es el análisis del perfil de textura (TPA; Bourne, 2002).

1.5.2.1 Warner Bratzler o esfuerzo de corte

Ha sido usada para cortar o cizallar la carne en los últimos cincuenta años. Consiste en una hoja rectangular con un hoyo en forma de triángulo que es el que corta. La muestra puede ser rectangular o un cilindro.

1.5.2.2 Análisis de perfil de textura

El análisis instrumental de textura es introducido para generar atributos múltiples. La necesidad de una prueba que genere varios atributos sensoriales fue implementada por Breene, indicando que la textura es compleja y que varios parámetros son mejores que uno. Los atributos generados son: dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad.

1.5.3 Humedad

En la industria de la carne es deseable conservar la humedad durante el almacenaje y la cocción. Al retener la humedad se conserva el flavor, aumenta la jugosidad y la suavidad de la carne cocida. La cantidad de agua o humedad presente en la carne es aproximadamente del 73%, aunque después de la cocción se reduce a un 65%.

1.6 Análisis proteómico de la carne

La proteómica ha sido aplicada exitosamente para describir modificaciones postmortem de diferentes especies, incluyendo las propiedades de la carne (capacidad de retención de agua, suavidad, color),

cantidad de grasa en el tejido y la capacidad de procesamiento. Todos estos aspectos son más fáciles de estudiar con el desarrollo de la técnica de electroforesis bidimensional y el acceso a la espectrometría de masas. Sin embargo, hay que recordar que la proteómica es sólo una herramienta y no una solución (Remignon y col., 2005). La proteómica es el estudio del proteoma, que se define como las proteínas expresadas por el genoma de un organismo en un momento puntual. A diferencia del genoma el proteoma es, pues, dinámico y varía con el estado fisiológico del organismo. El genoma contiene la información de qué genes existen, el proteoma contiene la información de qué genes se expresan en ese momento, relacionados con la calidad de la carne (Hollung y col., 2007) o con cualquier otra característica de estudio. Puesto que las proteínas codificadas llevan a cabo muchas funciones biológicas, la aplicación de la proteómica es esencial para entender cómo funcionan los organismos. Consecuentemente, la proteómica puede dar información invaluable de los mecanismos que influyen en los diferentes parámetros de calidad, contribuyendo a entender estos mecanismos, información que puede usarse para optimizar la producción y mejorar la calidad de la carne. El genoma de un animal contiene aproximadamente 20,000 genes, cada uno de los cuales en promedio producen de 5 a 6 diferentes ARN mensajeros. Cada uno de estos ARN mensajeros se traduce a proteínas que son procesadas por varias rutas, generando de 8 a 10 formas diferentes de cada proteína. Por lo tanto, el genoma potencialmente produce aproximadamente 1.8 millones de diferentes especies de proteínas (Jensen y col., 2004).

Analizar el proteoma puede verse como una foto instantánea dentro de un sistema en constante cambio, el proteoma es la unión entre el genoma y las características funcionales de la carne, bajo ciertas condiciones de proceso y ambientales. La proteómica facilita la observación cuantitativa y cualitativa de cientos de proteínas, por lo que puede ser aplicada en la búsqueda de los mecanismos que se desarrollan en la carne, excluyendo ideas preconcebidas. Debido a que los músculos son tejidos metabólicamente muy activos y su estatus metabólico al tiempo de la matanza tiene un gran impacto en la calidad de la carne, la proteómica es útil para describir relaciones entre las rutas metabólicas y proponer mecanismos en el desarrollo de la calidad la misma (Sayd y col., 2006).

Como las proteínas son los constituyentes principales de la carne, la composición y cambios de éstas están asociados con la calidad. Para este propósito es apropiado estudiar tanto las proteínas sarcoplásmicas como las miofibrilares, dentro de las cuales está la miosina (con un rol central en el mantenimiento de la forma y el movimiento de una célula eucariota, al ser reconocida como una proteína contráctil). Sus propiedades se las debe a su capacidad de transformar energía química en mecánica, cambiando la estructura a través de la contracción. Esto es posible gracias a la fuga de la

energía proveniente de la hidrólisis del ATP. Hasta este momento, han sido identificadas quince clases de miosina.

Por otro lado, los músculos esqueléticos difieren en sus propiedades contráctiles, no sólo entre especies sino también entre músculos dentro de la misma especie (Reggiani y col., 2000). Montowska y Pospiech (2011) reportaron que no hay diferencia significativa en el peso molecular y punto isoeléctrico de la cadena de miosina ligera a lo largo de 14 días de almacenamiento. Sin embargo, observaron cambios en la cadena ligera de miosina, siendo diferente el pI en una dirección más alcalina (incrementándose el volumen de la mancha). Por otro lado, Muroya y col. (2007) observaron cambios en el pI de cadena ligera de miosina (MLC) C2 a lo largo de 14 días de almacenamiento, moviéndose hacia valores más ácidos; sin embargo, MLC1 y MLC3 permanecieron constantes. Los cambios de MLC2 son atribuidos al proceso de desfosforilación o fosforilación en el rigor mortis, puesto que las isoformas de MLC son relativamente estables y poco sensibles a la actividad enzimática durante la maduración.

A pesar del hecho que la degradación postmortem de las proteínas estructurales ha sido estudiada con gran detalle, aún se está lejos de establecer si alguna de éstas es directamente responsable de la suavidad de la carne. Por ejemplo, se ha observado que la desmina y vinculina son degradadas en varias especies, por lo que se ha generado la hipótesis de que la degradación intracelular del citoesqueleto (estructura de filamentos intermediarios) está relacionada con la suavidad de la carne, por la separación de las miofibrillas y el debilitamiento lateral, la degradación de los costameros (los cuales debilitan el sarcolema), el incremento del flujo de calcio y de la actividad de la calpaina (Purslow y col., 1997).

La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha con esta aproximación metodológica se han realizado en cerdo y bovino, con un pequeño número de ellos en el pollo y una limitada investigación en las otras especies. Cuando se buscan diferencias específicas en las proteínas de la carne entre especies es necesario tomar en consideración el proceso de la proteólisis y la degradación postmortem asociada a la maduración. De acuerdo a los primeros experimentos realizados, se asume que la suavidad de la carne de pollo se logra después de 48 h de almacenamiento. En el caso de otras especies se requiere un mayor tiempo de almacenamiento (maduración); por ejemplo, en el caso del cerdo es de 144 h y en el bovino de 336 h.

Muchas de las proteínas del citoesqueleto, como la desmina, vinculina, filamina y distrofina, al igual que las proteínas del sarcómero titina y nebulina son sustratos nativos de la μ y m-calpaina

(Koochmaraie y col., 1995; Taylor y col., 1995). Algunas de las proteínas anteriormente mencionadas pertenecen a los costámeros, por lo que es de esperarse que la degradación de éstos tenga un papel importante en disminución de la dureza en la carne.

Existen algunos estudios relacionados con el rompimiento del costámero, por ejemplo Tomisaka y col. (2010) reportaron, utilizando anticuerpos, que la intensidad en el inmunomarcaje de la desmina disminuyó a un 51% del valor de las 12 a las 96 h postmortem. Asimismo, Huff-Lonergan y col. (1996a) almacenaron *longissimus thoracis* de bovino a 4°C durante 56 días, observando productos de la desmina (45 y 38 kDa) a las 72 h postmortem provenientes de muestras con bajo esfuerzo de corte y un producto de 35 kDa a los 56 días. Igualmente, reportaron que después de digerir *in-vitro* la desmina con m-calpaina se obtuvieron productos de 38 y 35 kDa, no así la banda de 45 kDa. Igualmente, Geesink y Koochmaraie (1999) observaron productos de la degradación de la vinculina con un peso aproximado de 90 kDa en el músculo *biceps femoris* del ovino en el día 3 postmortem.

Laville y col. (2009) reportaron que las proteínas de la fracción soluble (sarcooplásmicas) forman parte de la fracción insoluble en el día 5, lo que sugiere que durante los primeros 5 días de maduración hay cambios químicos que hacen insoluble a esta fracción. Durante el tiempo postmortem las modificaciones proteicas pueden suceder por diferentes causas, una modificación es ilustrada por el comportamiento de las proteínas solubles como la HSP (hot shock protein, proteína de choque térmico) 27 y las enzimas glicolíticas (creatinquinasa y gliceraldehído 3fosfato deshidrogenasa), que están en la fracción insoluble en el día 5. Esto indica la disminución de la solubilidad de estas proteínas durante la primera fase de maduración, lo que puede estar relacionado con el decremento en el pH intramuscular durante las primeras 24 h postmortem debido a la glicolisis anaerobia. Reddy y col. (2000) sugieren que la disminución del pH asociado con altas temperaturas desnaturaliza las proteínas, las cuales se vuelven agregados insolubles y precipitan en las miofibrillas. Las proteínas que pertenecen a la clase de reguladoras-redox tienen residuos de cisteína altamente reactivos que pueden ser modificados cuando son expuestos a estrés oxidante (Leichter y Jakob, 2004). Estas modificaciones causan cambios conformacionales significativos que conducen a la activación o inactivación de la función de la proteína. Las modificaciones en la solubilidad pueden estar relacionadas con la susceptibilidad de oxidación. Un mecanismo alternativo relacionado con las funciones y propiedades de las proteínas de choque térmico es la llamada formación de complejos oligoméricos. Este mecanismo ocurre cuando hay interacciones con proteínas desplegadas o interacciones con las miofibrillas durante un proceso isquémico, lo cual explica la translocación de las proteínas del choque térmico del citosol a las miofibrillas (Rogalla y col., 1999). Igualmente, la mancha de miosina de cadena ligera 2 está en la

fracción soluble en el día cero; sin embargo, se encuentra en la fracción insoluble en el día 5 y 21. Las segundas modificaciones postmortem son debidas a la proteólisis, la cual se observa directamente por el incremento en número e intensidad de las manchas de los fragmentos proteínicos. La mayoría son generadas entre los días 5 y 21.

2. Justificación

Para que el consumo de carne de ovino se vea incrementado, es primordial garantizar la consistencia de en la calidad de la carne; sin embargo, hay pocos estudios relacionados con esta especie que abarquen tanto la parte sensorial, fisicoquímica y bioquímica. Encontrar marcadores proteínicos, que sirvan como indicadores de esta calidad y reflejen las características especiales distintivas de la misma puede permitir establecer correlaciones entre los cambios *postmortem* y las características sensoriales y tecnológicas de la carne, ayudando a ese objetivo. Por esta razón, se propone estudiar las proteínas sarcoplásmicas, ya que contienen la mayoría de las enzimas y y proteínas mitocondriales que tienen funciones en la cadena respiratoria y en el metabolismo oxidante, relacionado principalmente con el color. Igualmente, las proteínas miofibrilares describen los cambios *postmortem* de las proteínas del músculo (Lametsch y col, 2002), pudiendo relacionarse con los atributos de calidad de la carne como textura y pérdida por goteo.

Con ayuda de los marcadores proteínicos se podrán desarrollar tiras reactivas (dispsticks test) o biochips de proteínas que puedan cuantificar la existencia de ciertas proteínas en la línea de proceso prediciendo algunas características deseadas sensoriales y fisicoquímicas deseadas en la carne.

Asimismo, dado que el flavor es es muy importante para el consumidor, siendo algunos péptidos relacionados con los precursores del flavor, se pueden correlacionar con la intensidad de flavor a ovino. Por último, los marcadores para el control de la calidad en la producción mexicana de ovinos podrían permitir mejorar las características que pudieran conseguir la autosuficiencia de México en carne de esta especie.

3. Hipótesis

La modificación de ciertas proteínas durante el almacenamiento de la carne de ovino está relacionada con las propiedades de color y textura de ésta. Estas proteínas podrán ser utilizadas como marcadores proteínicos relacionados con estos parámetros. Asimismo, la aparición de péptidos de 3- 17 kDa estará relacionada con la intensidad del flavor.

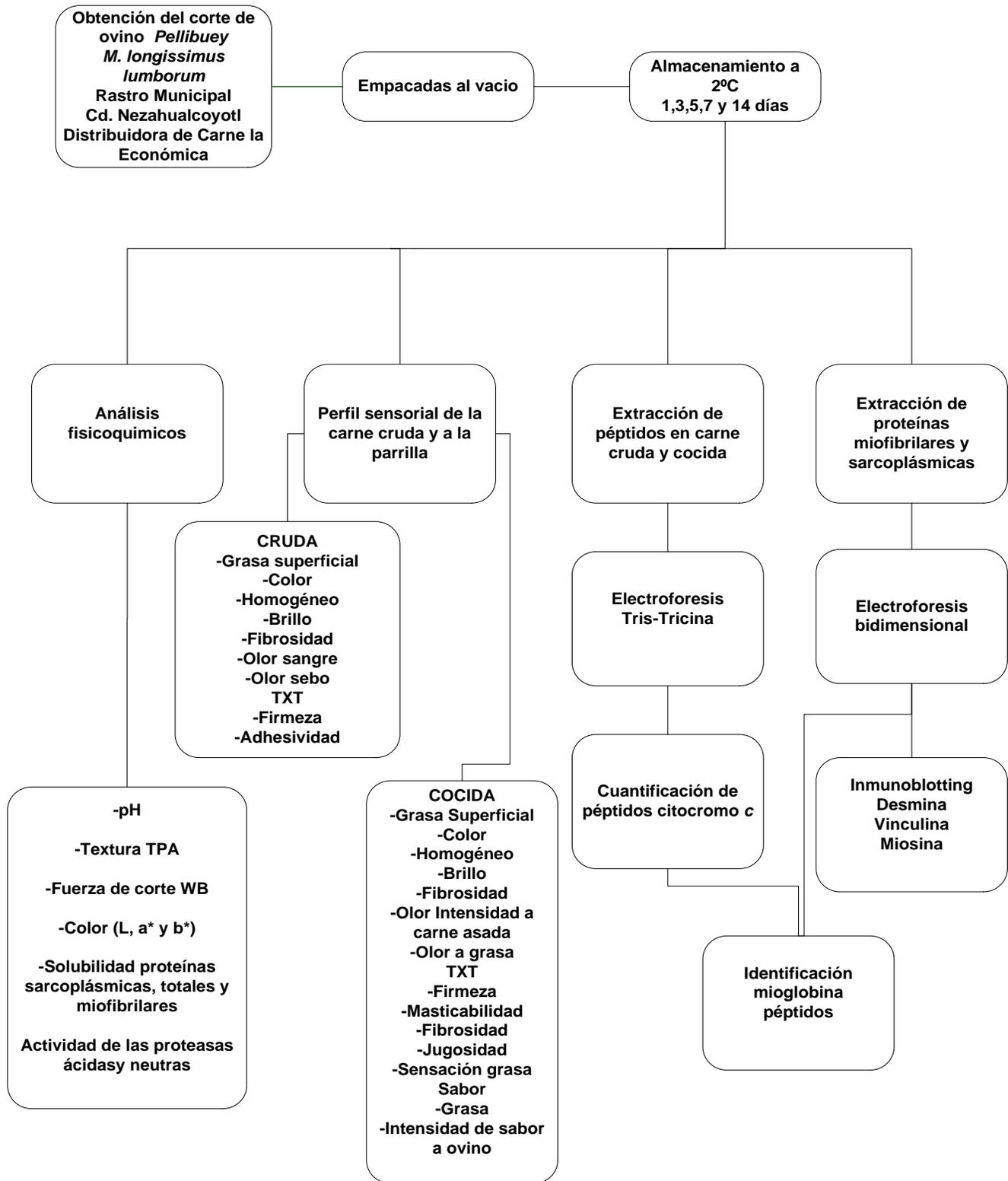
4. Objetivo general

Identificar marcadores proteínicos responsables de la variabilidad de color y textura. Determinar el perfil sensorial con un panel entrenado y relacionar la aparición de péptidos con los cambios en la intensidad del flavor.

4.1 Objetivos particulares

1. Determinar cambios en las propiedades de color, textura, pH, solubilidad de la carne y actividad proteasa como parámetros fisicoquímicos importantes para relacionarlos con los marcadores proteínicos durante el almacenamiento.
2. Determinar el perfil sensorial de la carne durante el almacenamiento por medio de un panel entrenado.
3. Relacionar la aparición de péptidos de 3-17 kDa con el perfil sensorial de la carne de ovino durante el almacenamiento.
4. Identificar marcadores proteínicos en las proteínas sarcoplásmicas y en las proteínas miofibrilares por medio de la electroforesis bidimensional e inmunoblot, relacionándolos con las propiedades de color y textura de la carne.

5. Diagrama de flujo



6. Metodología

6.1 Etapa 1: Almacenamiento de muestras durante 14 días, análisis sensorial, fisicoquímico y perfil de péptidos.

6.1.1 Obtención y preparación de la muestra

Se seleccionaron 27 animales machos Pelibuey de un año de edad, alimentados en pastoreo, los cuales se sacrificaron en las instalaciones del rastro municipal de Cd. Nezahualcoyotl, en la distribuidora de carnes la Económica. Se realizó la disección del *M. longissimus lumborum* después de 6 h del sacrificio. Las muestras correspondientes al tiempo uno se analizaron el día de obtención de las muestras y el resto se empacaron al vacío en una empacadora TOR REY (modelo EVD16, Iztapalapa, D.F., México)

6.1.2 Condiciones de almacenaje de las muestras

Las muestras se asignaron al azar a los días 1, 3, 5, 7 y 14 de muestreo a una temperatura de $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 14 días, para carne cruda. Igualmente, el día de muestreo la carne cruda se cocinó a la parrilla para realizar los análisis correspondientes, empezando por el análisis sensorial con el panel seleccionado y entrenado (Anexo 12.1 a 12.3). El horario de dicha evaluación fue de 10 a 14 horas.

6.1.3 Análisis sensorial

La carne se cocinó en una parrilla KRUPS con temperatura controlada en el número 5, hasta que la carne llegó a una temperatura interna de $73\pm 2^{\circ}\text{C}$. Para evaluar la apariencia se utilizó un trozo de $5\times 2\times 1$ cm. Para textura y flavor se requirió un trozo de 1 cm^3 . Asimismo, se evaluó carne cruda de 1 cm^3 . Se utilizaron páginas con los cuestionarios diseñados en el software FIZZ (Figura 2).



Figura 2. Hojas de evaluación en FIZZ y estándares.

6.1.4 Análisis fisicoquímicos

6.1.4.1 pH

Se analizó insertando el electrodo de penetración Hanna (HI 99163, Nusfalau, Rumania), directamente en la carne cruda.

6.1.4.2 Humedad

Se realizó por el método de secado convencional (AOAC, Soderberg, 2000; Combes y col., 2007) con modificaciones. Se pesaron 3 g de carne a la parrilla, enseguida se extendió en una caja de Petri a peso constante. Se colocó en un horno Felisa (Fabricantes Feligneo S.A. de C.V., Ciudad de México, México) a 110°C durante 24 h. Por último se pesó y se obtuvo el porcentaje de agua en la muestra, con la siguiente ecuación.

$$\text{Porcentaje Humedad} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Dónde:

A: peso de muestra húmeda y la caja de Petri.

B: peso de muestra seca y la caja de Petri

C: peso de muestra húmeda

6.1.4.3 Solubilidad de proteínas en la carne

La solubilidad se determinó por el método propuesto por Schilling y col. (2002) para las proteínas sarcoplásmicas. Se homogenizó 1 g de carne cruda con 10 mL de 0.025 M buffer de fosfatos pH 7.2, manteniéndose en reposo durante 24 h a 4°C. Posteriormente, se centrifugó a 2600 × g durante 30 min. El sobrenadante se decantó y filtró por medio de papel de filtro Whatman 54; el contenido de proteína se determinó por medio del reactivo de Biuret (Gornall y col., 1949).

La solubilidad total se determinó en forma similar, usándose una solución de 1.0 M de KI en buffer de fosfatos 0.1 M pH 7.2. La solubilidad de las proteínas miofibrilares se calculó como la diferencia entre la solubilidad total y la sarcoplásmica. Dicho experimento se realizó por triplicado.

6.1.4.4 Color

Las coordenadas CIE L*, a* y b* se evaluaron empleando un espectrofotómetro (CM-3600d, Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japón) usando SCE, D65/10°, 1.1-cm el área del puerto para las muestras de carne cruda y a la parrilla. Las muestras fueron envueltas con un película permeable al oxígeno (Kleen Pack, Kimberly-Clark de México; Hunt y King, 2012) de manera individual a una temperatura de $18\pm 2^\circ\text{C}$, después de 30 min de periodo de *blooming* para la carne cruda. Se evaluó por triplicado en cubos de 1 cm^3 para la carne cruda. Se usó el mismo procedimiento para la carne a la parrilla, a excepción del *blooming*.

6.1.4.5 Esfuerzo de corte

La evaluación de la textura se realizó con un analizador de textura, TA-XT2 Plus (Texture Technology Corporation, Nueva York, EUA, Texture Exponent 32, 2009 software) para las muestras crudas y a la parrilla. Las muestras se prepararon bajo las siguientes condiciones: carne ovino cruda y a la parrilla con dimensiones de 1 cm^3 , $18\pm 2^\circ\text{C}$, se aplicó la fuerza perpendicular a las fibras musculares, la velocidad pre-ensayo y post-ensayo fue de 3 mms^{-1} , la velocidad de ensayo de 1 mms^{-1} y la distancia al corte 30 mm, con una navaja de Warner-Bratzler.

6.1.4.6 Análisis de perfil de textura instrumental (TPA)

El análisis de perfil de textura se efectuó instrumentalmente utilizando un analizador de textura, TA-XT2 Plus (Texture Technology Corporation, Nueva York, EUA). La sonda empleada fue una cilíndrica de aluminio PMS/50 de 50 mm de diámetro con un porcentaje de compresión del 30%, velocidad de ensayo de 1 mms^{-1} y una velocidad de pre y post-ensayo de 3 mms^{-1} , $18\pm 2^\circ\text{C}$. Se realizó para carne cruda y a la parrilla cortada en trozos de 1 cm^3 , por triplicado.

6.1.4.7 Actividad proteasa

El extracto enzimático se preparó con 3 g de carne cruda en 6 mL de buffer de fosfatos 20 mM, pH 7, 0.9% NaCl. Se homogenizó durante 1 min y se centrifugó a $2000 \times g$ durante 30 min, a 4°C (centrífuga Eppendorf, Modelo 5810R, Hamburgo, Alemania). Las proteasas ácidas se midieron con hemoglobina 1% p/v en buffer universal, pH 3 (Anson, 1938; Dublán y col., 2006). Las proteasas neutras se ensayaron usando caseína 1% p/v en buffer de fosfatos 20 mM pH 7, 0.9% NaCl. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

6.1.4.8 Extracción de péptidos

Se homogenizó 1 g de carne cruda en 10 mL de 0.01 M HCl (Flores y col., 2000; Dan y col., 2008), a continuación se centrifugó durante 20 min a $10000 \times g$. Finalmente el sobrenadante se filtró en un papel de filtro Whatman 54. Se realizó el mismo procedimiento para un gramo de carne a la parrilla. Se determinó proteína por el método de Bradford (Bio-Rad Laboratories, Hercules, California, EUA).

6.1.4.8.1 Electroforesis en gel de poliacrilamida Tricina-SDS

Se usó el método reportado por Schägger y van Jagow (1987) y Claeys y col. (2004). El gel concentrador fue de 1.5 cm de altura, 4% T y 3% C. Por otro lado, el gel espaciador fue de 3 cm de altura, 10% T y 3% C y el gel separador de 2.5 cm, 14% T. Se añadieron 200 μg de proteína en cada carril. La electroforesis se llevó a cabo a 90 V, $18 \pm 1^\circ\text{C}$ en una cámara Mini Protean (modelo III, Bio-Rad, Richmond, California, EUA). Se inyectaron 100 μg de citocromo-*c* como estándar externo para la cuantificación de los péptidos en, al menos, dos carriles. Los resultados se reportaron como equivalentes de citocromo *c* ($\text{mg citocromo-}c \text{ g}^{-1}$ de carne cruda o a la parrilla).

6.2 Etapa 2: electroforesis de bidimensional y Western Blot.

6.2.1 Extracción de proteínas miofibrilares y sarcoplasmicas

Se añadieron 8 mL de buffer Tris-HCl 20 mM pH 7.6, 2 mM EDTA, 4 mM MgCl, 0.2 mM PMSF, 0.2 mM inhibidor de tripsina a 1 g de carne (Begonya y col., 2010). Se homogenizó y centrifugó a $10000 \times g$ durante 10 min, a 4°C . El sobrenadante correspondió a la fracción sarcoplásmica. Se determinó proteína por el método de Bradford. El precipitado se lavó cinco veces en el buffer anterior y, finalmente, se solubilizó en 7 M urea, 2 M tiourea, 2% CHAPS, 1% DTT. Se centrifugó a $10000 \times g$ durante 10 min, a 4°C , y se determinó la concentración de proteína en el sobrenadante por el método de Bradford.

6.2.1.1 Electroforesis bidimensional

6.2.1.1.1 Proteínas sarcoplásmicas

Se utilizó un IPG (gradiente de pH inmovilizado) de 5-8 para las proteínas sarcoplásmicas (ReadyStrip™ IPG Strips, BioRad). Se solubilizaron 130 μg de proteína en 130 μL de buffer de rehidratación (7 M urea, 2 M tiourea, 2% CHAPS, 50 mM DTT, 0.2% anfolito pH5-8, 0.002% azul de bromofenol). Se rehidrató pasivamente el IPG con la solución de proteína durante 23 h a 20°C . A

continuación se realizó el isoelectroenfoque, con las condiciones de 250 V durante 15 min y rampa de voltaje lineal de 250 a 4000 V durante 2 h. Se incrementó el voltaje hasta 10000 Volts Horas (VH), y después el voltaje fue reducido de 40000 a 500 V. Se guardaron los IPG a -20°C , para poder conservar las proteínas dentro de la matriz del gel, hasta su uso.

Cuando se necesitaron, se descongelaron los IPG durante 10 min. A continuación, se equilibró el IPG con 2.5 mL de la solución I (6 M urea, 0.375 M Tris-HCl pH 8.8, 2% SDS, 20% glicerol, 2% DTT) durante 15 min. Después se añadieron 2.5 mL de la solución II (6 M urea, 0.375 M Tris-HCl pH 8.8, 2% SDS, 20% glicerol, 2.5% iodoacetamida) durante 15 min. A continuación se introdujo el IPG durante 15 min en una probeta con buffer de corrida a pH 8.3. La segunda dimensión se evaluó mediante electroforesis desnaturizante (SDS-PAGE) por el método de Laemmli (1970). Se utilizaron geles con 12% T para el gel de separación y una cámara de electroforesis Mini Protean (modelo III, Bio Rad, Richmond, California, EUA) con un voltaje constante de 150 V y una temperatura de $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Los geles se fijaron (30% etanol, 2% ácido fosfórico) durante 24 h y se tiñeron durante dos días (18% metanol, 17% sulfato de amonio, 2% ácido fosfórico, más 0.05 g/ L de azul de Coomassie G-250). Se empleó un marcador de pesos moleculares de intervalo amplio (205-6.5 kDa, Sigma, C3312) en el que las proteínas estándar fueron miosina 205 kDa, β -galactosidasa 116 kDa, seroalbúmina 66 kDa, Oovoalbúmina 45 kDa y anhidrasa carbónica 29 kDa. Finalmente, los geles se documentaron en un analizador de imágenes Gel-Doc (modelo 2000, BioRad, California, EUA) por medio del software Quantity One V4.0.3.

6.2.1.1.2 Proteínas miofibrilares

Para las proteínas miofibrilares se usó un IPG 3-10 (ReadyStrip™ IPG Strips, BioRad). Se solubilizaron 130 μg de proteína en 130 μL de buffer de rehidratación (8 M urea, 2 M tiourea, 2% CHAPS, 50 mM DTT, 1.5 μL anfolito pH 3-10 (100X, Biorad), 0.002% azul de bromofenol). Se rehidrató pasivamente el IPG con la solución de proteína durante 22 h, a 20°C . A continuación, se realizó el isoelectroenfoque con las siguientes condiciones: 250 V durante 15 min y una rampa de voltaje lineal de 250 a 4000 V durante 2 h. Se incrementó el voltaje hasta 10000 VH, y después el voltaje fue rápidamente reducido de 40000 a 500 V. Se guardaron los IPG a -20°C , hasta su uso.

Cuando se requirió, los IPG se descongelaron durante 10 min. A continuación, se equilibró el IPG con 800 μL de la solución I (6 M urea, 0.375 M Tris-HCl pH 8.8, 2% SDS, 50 mM DTT) durante 30 min y después con 800 μL de la solución II (6 M urea, 0.375 M Tris-HCl pH 8.8, 2% SDS, 150 mM iodoacetamida) durante 15 min. Después se introdujo el IPG durante 15 min en una probeta con buffer de corrida a pH 8.3. La segunda dimensión se evaluó mediante electroforesis desnaturizante (SDS-

PAGE) por el método de Laemmli (1970). Se utilizaron geles con 10% T para el gel de separación y las mismas condiciones que se usaron para las proteínas sarcoplasmicas. Los geles se tiñeron durante un día (0.5% sulfato de aluminio y potasio, 10% etanol absoluto, 0.022% azul de Coomassie G-250, 5.5% ácido orto-fosfórico). Se empleó un marcador de pesos moleculares de intervalo amplio (205-6.5 kDa, Sigma, C3312) en el que las proteínas estándar fueron: miosina 205 kDa, β -galactosidasa 116 kDa, seroalbúmina 66 kDa, ovoalbúmina 45 kDa y anhidrasa carbónica 29 kDa. Finalmente, los geles se documentaron en un analizador de imágenes Gel-Doc (modelo 2000, BioRad, California, EUA).

6.2.1.2 Análisis por Western Blot

El ensayo se basa en la identificación de la proteína por medio de la unión específica con el anticuerpo primario y el reconocimiento de éste por un segundo anticuerpo que está marcado con quimioluminiscencia. Para ello, las proteínas fueron transferidas del gel SDS-PAGE a una membrana de difluoruro de polivinilideno (membranas Sequi-Blot PVDF, 0.2 μ m, BioRad, Hercules, California, E.U.A), empleando un amortiguador de transferencia a pH 8.3 (25 mM Tris, 192 mM glicina, 0.05% p/v SDS, 20% v/v metanol) y un voltaje de 30 V durante 12 h, a 15°C. A continuación, la membrana fue bloqueada con una solución de leche descremada Svelty 5% p/v en Tris-Buffered Saline Tween-20 pH 7.5 (TBST; 150 mM NaCl, 20 mM Tris-HCl, 0.1% v/v Tween-20) durante 30 min por duplicado. Posteriormente se enjuagó con TBST durante 5 min por triplicado. Se incubó la membrana con el anticuerpo primario para desmina (Monoclonal DE-U-10 Sigma Aldrich producido en ratón; 1:200) durante 1 h 30 min a 37°C. A continuación, se adicionó TBST con leche 0.5% p/v durante 10 min. Después, se añadió TBST durante 5 min por duplicado y posteriormente se incubó con el anticuerpo secundario (Cabra anti-ratón IgG-HRP Santa Cruz Biotechnology sc-2005; 1:10,000) durante 1 h. Se lavó con TBST durante 10 min por triplicado, posteriormente con TBS (150 mM NaCl, 20 mM Tris-HCl) durante 5 min. Finalmente, se expuso al sustrato Immobilon Western Chemiluminescent HRP (Millipore Corporation, Billerica, E.U.A) durante 10 min y se analizó la membrana en una placa radiográfica GEL LOGIC 1500 KODAK (Imaging System). El anticuerpo primario para vinculina (Monoclonal anti-vinculin MAB3574 Millipore, producido en ratón) se usó en una dilución 1:1000 siguiendo el procedimiento anterior y el anticuerpo de miosina (Monoclonal MY-32, Sigma Aldrich, producido en ratón) fu usado en una dilución de 1:200.

7. Análisis de resultados

Se realizó el análisis de ANDEVA para las variables fisicoquímicas y sensoriales de la carne cruda y a la parrilla. Se analizó por medio de análisis de componentes principales (PCA) para las variables fisicoquímicas y sensoriales de carne cruda y a la parrilla en el software FIZZ 2.3 (Biosystemes 2007, Couternon, Francia). Se aplicó el análisis factorial múltiple (AFM) para las manchas obtenidas en el Western Blot y la relación con los parámetros fisicoquímicos y sensoriales se realizó con el software XLSTAT

8. Resultados y Discusión

8.1 Etapa 1: Análisis sensorial, fisicoquímico y perfil de péptidos

Después de la selección y entrenamiento del panel (Anexo 12.1 a 12.3) se procedió a analizar desde el punto de vista sensorial la carne de ovino durante 14 días, en los días 3, 5, 7 y 14 de refrigeración. En cuanto a las pruebas fisicoquímicas, se realizaron en muestras de los días 1, 3, 5, 7 y 14. En ambos caso de analizaron muestras crudas y a la parrilla.

8.1.1 Carne cruda

El pH (Tabla 2) cambia durante el almacenamiento ($p < 0.0001$). En los días 3, 7 y 14 no hay diferencia significativa; sin embargo, en el día cinco se obtuvo el valor mínimo (5.59). Devine y col. (1993) reportaron que un valor de pH mayor a 5.8 se considera indeseable, lo cual concuerda con lo reportado por Ruiz de Huidobro y col. (2003), ya el pH disminuye en las primeras horas postmortem (6.5 a 5.5), y permanece constante durante los siguientes 5 días de almacenamiento. Asimismo, Dransfield (1981) indicó que el pH fue importante en la generación de olor y flavor a carne.

El parámetro de calidad que los consumidores usan como indicador de frescura en la carne cruda es el color. En la tabla 2 se observa que los valores de C^* y b^* se incrementan durante el tiempo; sin embargo, el valor de a^* disminuyó ($p < 0.0001$). Nieto y col. (2010) reportaron que el valor de b^* y L^* en carne cruda de ovino aumentaron, mientras a^* disminuía debido a la formación de metamioglobina. El incremento de brillo y chroma durante el almacenamiento es causado por la presencia de agua en la superficie de la carne, como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas musculares. Sin embargo, el color sensorial, L^* y el ángulo hue (indicador de decoloración) no cambiaron durante el almacenamiento ($p > 0.05$). Lee y col. (2008) obtuvieron una alta estabilidad de L^* durante el almacenamiento, ya que la luminosidad no está relacionada con la oxidación química de la mioglobina. Asimismo, la carne cruda es un sistema que puede reducir la metamioglobina a mioglobina con la contribución de la NADH-citocromo b5 reductasa y otras reductasas no específicas (diaforasas) que son constituyentes en este sistema. Levy y col. (1985) sugirieron que la mitocondria es el mejor sitio para la reducción de la metamioglobina, porque la tensión de oxígeno es menor cerca de ésta (una condición que favorece la oxidación de la mioglobina). La presión parcial de oxígeno que se encuentra dentro del paquete de carne puede retardar la aparición de meta mioglobina (Belitz y col., 2009). Además, el color sensorial rojo-cereza es asociado con un valor pequeño de ángulo hue. Por todo esto, la carne podría ser almacenada sin cambios significativos en el color para el ojo humano.

Por otro lado, la solubilidad miofibrilar y sarcoplásmica alcanzan su valor máximo en los días 7 y 14. Esto puede ser el resultado de la actividad proteolítica que afecta primeramente al citoesqueleto, generando péptidos y aminoácidos libres. Igualmente, puede ser asociado al aumento gradual del pH (Tabla 2) y la consecuente modificación en la carga de las proteínas que conduce a una repulsión electrostática entre ellas.

Por otro lado, los parámetros sensoriales de textura, como apariencia fibrosa, adhesividad manual, WBSF y dureza-TPA tuvieron los valores más altos en el día 3; permaneciendo constante los días siguientes debido a que la actividad proteasa obtiene su mayor valor en este día ($5.3 \text{ UI mg proteína}^{-1}$) y la degradación miofibrilar es catalizada por endopeptidasas. Asimismo, el valor de WBSF disminuyó de 2.6 kg en el día 3 a 1.9 kg en los siguientes días ($p < 0.001$). Contrariamente, Ruiz de Huidobro y col. (2003) describieron una reducción no significativa en este parámetro y otros autores han reportado un incremento de la suavidad durante el almacenamiento (Sañudo y col., 2003). Los valores de dureza y elasticidad-TPA también disminuyeron en el día 5, permaneciendo constante en los siguientes días ($p < 0.0203$, $p < 0.009$), probablemente debido a que las miofibrillas fueron degradadas. Esto coincide con lo reportado por Gil y col. (2006) para la carne de conejo, en la que los parámetros de cohesividad y masticabilidad disminuyeron en el día 7 postmortem. Igualmente, la suavidad manual no presenta diferencia significativa durante el almacenamiento ($p > 0.05$).

En cuanto a las enzimas endógenas, algunos autores proponen que las proteasas neutras son el principal factor responsable de la actividad enzimática en la carne. Otros proponen un proceso multienzimático que implica a las proteasas ácidas y neutras, al proteosoma y a las caspasas (Ouali y col., 2006). En la tabla 2 se observa que la actividad proteolítica aumenta durante la refrigeración, particularmente para el caso de las proteasas ácidas, con un valor máximo en el día 3 ($5.38 \text{ UI mg.proteína}^{-1}$, $p < 0.0001$). Caballero y col. (2007) reportaron que la carne de toros hipertróficos y normales presentó una actividad alta de estas enzimas durante los primeros 21 días de almacenamiento. Las proteasas ácidas obtienen su valor máximo debido a que el pH del tejido disminuye causando que éstas salgan de los lisosomas (O'Halloran y col., 1997). No obstante, Whipple y col. (1990) reportaron que los lisosomas no se rompen durante la maduración. Además, en los ovinos la actividad de las catepsinas está relacionada con el incremento en la suavidad (Nagaraj y col., 2002). En el presente trabajo, el valor máximo de las proteasas neutras se observó en el día 5 ($3.4 \text{ UI mg-proteína}^{-1}$, $p < 0.0001$) para disminuir en los subsecuentes días. Sierra y col. (2012) mencionan que la actividad de la μ -calpaína disminuyó post-mortem debido a cambios en el pH y la concentración de calcio. Asimismo, Kemp y col. (2010) indicaron que la actividad proteolítica varía debido a los cambios en el estado conformacional de la

enzima por la presencia del inhibidor endógeno calpastatina. Sin embargo, Geesink y Koohmarie (1999) reportaron que la actividad de esta enzima no cambia durante 56 días postmortem en la carne de ovino, ya que los niveles de calcio no son suficientes para activarla. El índice de oxidación se incrementó durante el almacenaje, por lo que los residuos de histidina y cisteina en las proteasas neutras son susceptibles a inactivación por oxidación en sus sitios activos. Finalmente, el sistema de apoptosis puede ser posible, por la interacción entre las calpainas, caspasas, catepsinas y otros sistemas enzimáticos en el músculo postmortem (Kemp y Parr, 2012).

Tabla 2. Medias de los atributos sensoriales obtenidos por un panel entrenado y parámetros fisicoquímicos de la carne de ovino cruda durante 14 días de almacenamiento a 2°C

Atributo		Día 3	Día 5	Día 7	Día 14
Apariencia grasa	ApGr	1.48 ± 0.04 ^b	1.86 ± 0.06 ^a	1.58 ± 0.04 ^b	1.54 ± 0.04 ^b
Color	Color	5.15 ± 0.15 ^a	5.37 ± 0.13 ^a	5.34 ± 0.1 ^a	5.27 ± 0.13 ^a
Homogéneo	Hom	8.2 ± 0.07 ^a	7.79 ± 0.08 ^b	8.15 ± 0.06 ^a	8.17 ± 0.06 ^a
Brillo	BR	5.6 ± 0.11 ^b	5.84 ± 0.1 ^{ab}	6.05 ± 0.08 ^a	6.09 ± 0.09 ^a
Fibrosidad	FB	5.5 ± 0.13 ^a	5.01 ± 0.12 ^b	4.91 ± 0.11 ^b	4.7 ± 0.12 ^b
Olor a sangre	OS	2.68 ± 0.07 ^c	2.88 ± 0.07 ^b	2.93 ± 0.07 ^b	3.17 ± 0.08 ^a
Olor a sebo	Ose	1.69 ± 0.04 ^b	1.75 ± 0.04 ^{ab}	1.68 ± 0.04 ^b	1.85 ± 0.04 ^a
Suavidad manual	SM	4.34 ± 0.09 ^a	4.36 ± 0.08 ^a	4.39 ± 0.08 ^a	4.4 ± 0.08 ^a
Adhesividad manual	AM	4.4 ± 0.08 ^a	4.19 ± 0.07 ^b	4.15 ± 0.06 ^b	4.13 ± 0.07 ^b
pH	pH	5.69 ± 0.02 ^a	5.59 ± 0.01 ^b	5.68 ± 0.02 ^a	5.73 ± 0.03 ^a
Solubilidad de proteína total	SPT [mg g carne ⁻¹]	148.5 ± 0.28 ^b	154.7 ± 0.32 ^b	163.6 ± 0.18 ^a	164.1 ± 0.18 ^a
Solubilidad de proteínas sarcoplásmicas	SPS [mg g carne ⁻¹]	59.9 ± 0.12 ^a	59.8 ± 0.12 ^a	55.3 ± 0.09 ^b	57.3 ± 0.07 ^{ab}
Solubilidad de proteínas miofibrilares	SPM [mg g carne ⁻¹]	88.6 ± 0.27 ^b	95 ± 0.27 ^b	108.2 ± 0.18 ^a	106.8 ± 0.18 ^a
L*		41.73 ± 0.49	41.67 ± 0.4	42.04 ± 0.44	42.18 ± 0.44
a*		12.18 ± 0.23 ^a	11.49 ± 0.2 ^b	11.02 ± 0.18 ^{bc}	10.61 ± 0.22 ^c
b*		9.26 ± 0.25 ^c	9.46 ± 0.19 ^{bc}	10.13 ± 0.26 ^{ab}	10.57 ± 0.29 ^a
C		14.18 ± 0.28 ^c	14.6 ± 0.20 ^c	15.4 ± 0.28 ^b	16.22 ± 0.32 ^a
h°		40.81 ± 0.77 ^a	40.53 ± 0.69 ^a	41.14 ± 0.64 ^a	40.63 ± 0.66 ^a
WB esfuerzo de corte	WB [kg]	2.6 ± 0.1 ^a	1.93 ± 0.06 ^b	1.86 ± 0.06 ^b	1.92 ± 0.07 ^b
Dureza-TPA	DR [kg]	0.29 ± 0.06 ^a	0.17 ± 0.02 ^b	0.15 ± 0.01 ^b	0.17 ± 0.02 ^b
Adhesividad-TPA	AD [kg mm]	23.58 ± 0.8 a	24.28 ± 1.43 ^a	26.28 ± 1.2 ^a	24.83 ± 1.24 ^a
Elasticidad-TPA	EL	0.74 ± 0.01 ^{bc}	0.82 ± 0.03 ^a	0.77 ± 0.01 ^{ab}	0.71 ± 0.02 ^c
Cohesividad-TPA	CH	0.55 ± 0.01 ^b	0.58 ± 0.01 ^b	0.58 ± 0.01 ^b	0.73 ± 0.08 ^a
Masticabilidad-TPA	MAS	0.09 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a
Proteasas ácidas	PrA [UI mg proteína ⁻¹]	5.38 ± 0.06 ^a	4.8 ± 0.15 ^b	2.51 ± 0.08 ^c	4.23 ± 0.1 ^d
Proteasas neutras	PrN [UI mg proteína ⁻¹]	1.9 ± 0.06 ^b	3.6 ± 0.13 ^a	2.05 ± 0.05 ^b	1.29 ± 0.05 ^c

Medias dentro de la misma fila con el mismo superíndice, no son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Diferencia Mínima Significativa).

8.1.2 Carne a la parrilla

Los resultados de la carne a la parrilla se muestran en la Tabla 3. El tiempo de almacenamiento afectó al color sensorial (superficie de la carne café y crujiente), teniendo su máximo valor en el día 7 y permaneciendo constante los días 3, 5 y 14. No obstante, el máximo valor de b^* se obtuvo en los días 3, 5 y 14, mientras el menor apareció en el día 7; día en el que los panelistas observaron la superficie de la carne marrón claro. Los parámetros a^* y L^* no cambiaron significativamente ($p > 0.05$) durante el almacenamiento: evidentemente el color de la carne cruda se afecta por la cocción, ya que la desnaturalización de la porción proteica de la mioglobina comienza entre los 55-65°C y termina entre los 75-85°C (Bowers y col., 2012). El esfuerzo de corte disminuyó de 4 kg en los días 3 y 5 a 3.4 kg al final del almacenamiento, por la conversión parcial de colágeno a gelatina. Geesink y col. (2001) reportaron que la carne es suave si el esfuerzo de corte es menor a 4 kg. El valor máximo para jugosidad se obtuvo en los primeros 3 días, disminuyendo en los últimos días de almacenamiento (ya que la estructura de la carne libera agua durante el almacenamiento, por lo que en los últimos días de almacenamiento no contiene gran cantidad de agua en los espacios de las fibras). Sin embargo, el atributo brillo tuvo su valor mínimo en el día 3 y fue constante en los siguientes días, siguiendo la misma tendencia de la carne cruda; ya que el atributo fue definido como la cantidad de humedad en la superficie de la carne. Asimismo, la humedad no siguió la misma directriz que la jugosidad. El primero y el último día mostró los valores más altos, y los menores se obtuvieron los días 5 y 7, debido a que la humedad mide el agua libre y atrapada. La apariencia grasa y olor a grasa tuvieron su valor máximo en el día 3, siendo constante los siguientes días. Sin embargo, el sabor a grasa y la sensación grasa no presentaron diferencias significativas durante el almacenamiento ($p > 0.5$), así como la intensidad de flavor a ovino. Esto pudo deberse a que al tener más grasa en el tejido se atrapan compuestos responsables del aroma, los cuales son liberados durante la masticación en la boca y la deglución, con lo cual se percibe la intensidad del flavor (por lo que al distinguir la misma cantidad de grasa, el flavor a ovino tampoco se modifica). Esto concuerda con lo reportado por Casey (1994) quien indicó que los ácidos grasos volátiles y de cadena larga contribuyen al flavor a ovino.

Tabla 3. Medias de los atributos sensoriales obtenidos por un panel entrenado y parámetros fisicoquímicos de la carne de ovino a la parrilla durante 14 días de almacenamiento a 2°C.

Atributo		Día 3	Día 5	Día 7	Día 14
Apariencia grasa	GrAp	1.5±0.06 ^a	1.5±0.04 ^{ab}	1.4±0.03 ^b	1.3±0.03 ^b
Color	Color	4.5±0.19 ^b	4.5±0.14 ^b	5.2±0.12 ^a	4.6±0.14 ^b
Apariencia homogénea	HomAp	8.1±0.04 ^c	8.1±0.06 ^{bc}	8.2±0.04 ^{ab}	8.3±0.03 ^a
Brillo	BR	5.7±0.13 ^b	6.0±0.07 ^a	6.1±0.08 ^a	6.1±0.09 ^a
Apariencia fibrosa	FB	4.8±0.10 ^a	4.5±0.09 ^b	4.8±0.09 ^a	4.7±0.08 ^{ab}
Olor intensidad a carne asada	InOl	4.4±0.11 ^a	4.5±0.11 ^a	4.4±0.12 ^a	4.5±0.11 ^a
Olor a grasa	OG	2.4±0.04 ^a	2.3±0.03 ^{ab}	2.2±0.04 ^b	2.3±0.04 ^{ab}
Dureza	DuTtx	5.3±0.1 ^a	5.0±0.06 ^b	4.9±0.07 ^b	4.8±0.07 ^b
Fibrosidad	FBTtx	4.6±0.1 ^a	4.4±0.07 ^{ab}	4.3±0.07 ^b	4.2±0.07 ^b
Masticabilidad	MASTtx	5.3±0.08 ^a	5.1±0.06 ^b	5.0±0.07 ^b	4.8±0.07 ^c
Jugosidad	JU	4.2±0.09 ^{ab}	4.3±0.07 ^a	4.4±0.06 ^a	4.1±0.06 ^b
Sensación grasa	SensGras	2.2±0.04 ^a	2.2±0.04 ^a	2.0±0.06 ^a	2.1±0.04 ^a
Sabor a grasa	SabGras	2.2 ±0.04 ^a	2.2±0.04 ^a	2.1±0.04 ^a	2.2±0.04 ^a
Intensidad flavor a ovino	FlaIn	4.5±0.04 ^a	4.6±0.04 ^a	4.6± 0.05 ^a	4.68 ± 0.05 ^a
Humedad	Hume	65.3±0.83 ^a	61.7±0.78 ^c	63.1±0.5 ^{bc}	64.1±0.41 ^{ab}
L*		50.5±0.53 ^a	51.0±0.57 ^a	49.9±0.5 ^a	51.2±0.53 ^a
a*		8.0±0.19 ^a	8.0±0.21 ^a	7.9±0.18 ^a	8.0±0.14 ^a
b*		14.6±0.3 ^a	14.9±0.28 ^a	13.8±0.26 ^b	15.3±0.28 ^a
ΔE*			5.4±0.26 ^a	5.7±0.36 ^a	5.3±0.31 ^a
C*		16.7±0.3 ^{ab}	17.0±0.3 ^a	16±0.27 ^b	17.3±0.28 ^a
h°		61±0.68 ^a	61.5±0.58 ^a	59.9±0.59 ^b	62.0±0.5 ^a
WB esfuerzo de corte	WB [kg]	4.1±0.16 ^a	3.96±0.12 ^a	3.51±0.13 ^b	3.35±0.12 ^b
Dureza-TPA	Du [kg]	0.35±0.03 ^a	0.31±0.03 ^a	0.28±0.02 ^a	0.28±0.03 ^a
Cohesividad-TPA	CH	0.74±0.01 ^b	0.7±0.01 ^b	0.72±0.01 ^b	2.42±0.06 ^a
Masticabilidad-TPA	Mast	0.18±0.02 ^a	0.17±0.02 ^a	0.21±0.01 ^a	0.89±0.01 ^a
Citocromo- <i>c</i> equivalentes carne cruda	cc equivalraw	2.87±0.21 ^a	3.3±0.22 ^a	3.32±0.17 ^a	3.52±0.24 ^a
Citocromo- <i>c</i> equivalentes carne a la parrilla	cc equiva	0.36±0.03 ^b	0.58±0.04 ^a	0.56±0.05 ^a	0.64±0.05 ^a

Medias dentro de la misma fila con el mismo superíndice, no son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Diferencia Mínima Significativa).

8.1.3 Perfil de péptidos obtenidos durante el almacenamiento de carne de ovino y su identificación.

Durante el almacenamiento y la cocción, se llevan a cabo varias reacciones químicas entre precursores del flavor como los lípidos y los compuestos solubles en agua (carbohidratos libres, aminoácidos,

péptidos y nucleótidos), resultando en la producción de numerosos compuestos. Las reacciones más comunes son la de Millard (oscurecimiento no enzimático), degradación de Strecker, oxidación lipídica y proteólisis, entre otras (Ponce-Alquicira, 2007).

La Figura 3 muestra el perfil de electroforesis de los péptidos a lo largo 14 días de almacenamiento en carne cruda. Los péptidos de 10 a 17 kDa expresados como 3.5 equivalentes de citocromo-*c* no cambiaron significativamente ($p > 0.05$) durante el almacenamiento; sin embargo, se presentó una degradación proteolítica postmortem de la proteína muscular, que ocurre como parte del proceso de maduración y tiene como resultado la producción de fragmentos proteínicos (Etherington, 1991).

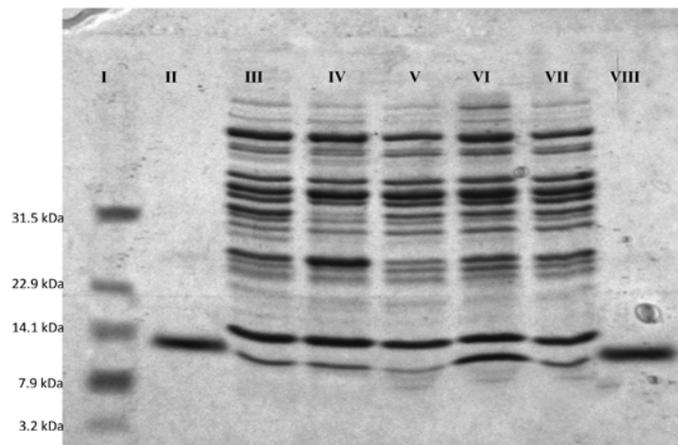


Figura 3. SDS-PAGE de extracto de péptidos de carne cruda de ovino almacenada durante 14 días. I, estándar de pesos moleculares; II, citocromo *c*; III, día 1; IV, día 3; V, día 5; VI, día 7; VII, día 14; VIII, citocromo *c*.

Los cambios en las proteínas no afectan sólo a la textura, también generan compuestos del flavor; la fracción miofibrilar tiene una mayor contribución comparada con la sarcoplásmica (Pérez y col., 2006). Los aminoácidos, péptidos, sales inorgánicas y nucleótidos son los principales compuestos de flavor en la carne y los productos cárnicos (Ruiz y col., 1999).

Más de 1000 compuestos han sido identificados en el flavor de la carne; sin embargo, la contribución de cada uno de ellos aún no ha sido dilucidada. Yuan y col. (2007) reportaron que la mayoría de los péptidos no cambian durante el rostizado de la carne de pato; sin embargo, los péptidos disminuyen cuando es hervido. Esto es explicado por el incremento en la cantidad de aminoácidos libres, siendo el hervido un proceso que acelera la transformación de los péptidos en otros compuestos del flavor. Por otro lado, los dipéptidos como son Gly-Leu, Pro-Glu o Val-Glu, juegan un papel importante en el incremento del flavor, probablemente por su capacidad amortiguadora. Los oligómeros del ácido glutámico son efectivos para enmascarar el gusto amargo (Gill y col., 1996). Asimismo, se ha demostrado que los péptidos contribuyen a aumentar el flavor de las carnes durante la refrigeración

(Nishimura y Kato, 1988). El incremento en péptidos es producido por la acción de algunas proteinasas, como son las calpainas y catepsinas, y el incremento en aminoácidos es el resultado de la acción de las aminopeptidasas, enzimas que tienen un pH óptimo cercano a la neutralidad (Flores y col., 1996).

En la figura 4 se observa el perfil de electroforesis de carne a la parrilla, donde los péptidos expresados como equivalentes de citocromo-*c* aumentaron en los días 7 y 14, con una media de 0.61; mientras en los días 3 y 5 se obtuvo un valor de 0.46 ($p < 0.05$). Asimismo, se obtuvo una $r = 0.89$ para la intensidad de flavor a ovino. Las proteínas de mayor peso molecular no se observaron, debido a que la desnaturalización por altas temperaturas las hace insolubles por formación de agregados.

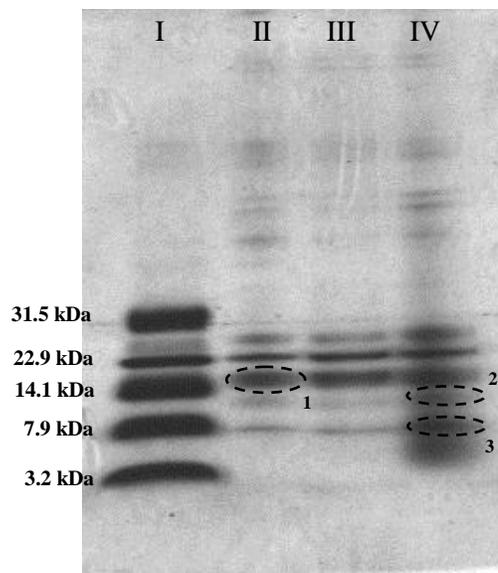


Figura 4. SDS-PAGE de extracto de péptidos de carne a la parrilla de ovino almacenada a lo largo de 14 días.

I, estándar de pesos moleculares; II, día 1; III, día 3; IV, día 5; V, día 7.

En la carne de ovino evaluada, en la figura 4 banda 1 marcada en un círculo fue identificada al 100% como subunidad α de la meta-hemoglobina (Base de datos de la NCBI).

Banda 1

Peso molecular: 16073.6 Da

pI: 6.7

Longitud: 145

1 MLTAEKAAV TGFWGK**VKVD** EVGAEALGRL LVVYPWTQRF FEHFGDLSNA DAVMNNPKVK AHGKKVLSDF SNGMKHLDDL
81 KGTFALQSEL HCDKLHVDPE NFRLLGNVLV VVLARHHGNE FIPVLQADFQ KVVAGVANAL AHKYH

Num Unique
4

% Cov
38.6

Best Disc Score
3.31

Best Expect Val
1.6e-5

Asimismo, se obtuvo coincidencia al 100% con subunidad β meta-hemoglobina ACC. **Peso molecular:** 15164.5 Da **pI:** 8.7 **Longitud:** 142

1	MVLSAADKSN	VKAAWGKVG	NAGAYGAEAL	ERMFLSFPTT	KTYFPHFDLS	HGSAQVKGHG	EKVAAALTKA	VGHLLDLP
81	LSDLSDLHAH	KLRVDPVNF	LLSHSLLVTL	ACHLPNDFTP	AVHASLDFL	ANVSTVLTSK	YR	
	Num Unique	% Cov	Best Disc Score	Best Expect Val				
	3	30.3	4.02	7.7e-7				

Como se mencionó anteriormente la generación de péptidos expresada como equivalentes de citocromo-*c* se correlacionó con la intensidad de flavor a ovino. Uno de los péptidos encontrados (Val-Val-Tyr-Pro-Trp-Thr-Gln-Arg-Phe) fue descrito por Yancey y col. (2006) como el único péptido responsable de la intensidad a amargo de un hidrolizado de hemoglobina con pepsina. Igualmente, este péptido ha sido caracterizado por Piot y col. (1992) en un hidrolizado péptico de hemoglobina, esta vez por su actividad opioide. Aubes-Dufau y col. (1995) reportaron que la proteólisis de la hemoglobina y la sangre con pepsina no son recomendables para el consumo humano, porque la formación del péptido amargo hace a los hidrolizados desagradables, pero esto no coincide con lo reportado en el presente trabajo, ya que no se percibió sabor amargo en las muestras.

La siguiente banda identificada fue la 2 (Figura 4), con una similitud del 97% con la gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa (Gapdh; Base de datos de la NCBI).

Banda 2	Peso molecular: 11643.3 Da	pI: 5.5	Longitud: 105
1	KLTGMAFRVP	TPNVSVVDLT	CRLEKPAKYD
81	FVKLISWYDN	EFGYSNRVVD	LMAHM
	Num Unique	% Cov	Best Disc Score
	1	13.3	3.06
			Best Expect Val
			4.7e-5

No se ha reportado que esta enzima tenga alguna relación con el flavor de la carne. Sin embargo, se ha reportado que es una enzima mitocondrial identificada por van de Wiel y col. (2007), considerada un marcador del metabolismo oxidativo. De acuerdo con Peter y col. (1972), esta enzima está presente en altas concentraciones en las fibras oxidativas, en concentraciones intermedias en las mixtas (oxidativa-glicolítica) y en bajas concentraciones en las fibras glicolíticas.

Laville y col. (2009) realizaron un estudio de las proteínas solubles asociadas a la maduración y encontraron varias isoformas de proteínas involucradas en el metabolismo energético como la creatinina quinasa, la AMP desaminasa activada por unión a la miosina y la gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa. No obstante, en el día 5 las proteínas solubles aparecen en la fracción insoluble, lo cual sugiere que durante los primeros cinco días postmortem sufren modificaciones químicas que las hacen

insolubles (algo tal vez relacionado con el decremento del pH intramuscular durante las primeras 24 h postmortem debido a la glicogenólisis anaerobia, por lo que las proteínas desnaturalizadas forman agregados y precipitan en las miofibrillas). Ésta proteína pertenecen a la clase de las proteínas reguladoras redox que tienen un residuo de cisteína altamente reactivo que puede ser modificado al ser expuesto al estrés oxidante (Leichter y Jakob, 2004). Estas modificaciones causan cambios conformacionales y permiten la activación o inactivación de la función proteica. Las modificaciones en la solubilidad pueden estar relacionadas con la susceptibilidad a oxidarse. Además, la gliceraldehído 3-fosfato deshidrogenasa ha sido considerada una enzima glicolítica clave en la producción de energía, lo que explica que su expresión sea regulada, siendo una proteína con múltiples localizaciones y diversas actividades independientes de su función tradicional en la glicolisis. Estas nuevas actividades incluyen la regulación del citoesqueleto (Huitorel y Pantaloni, 1985), la fusión de membranas y el transporte (Glaser y Gross, 1995; Robbins y col., 1995). Igualmente, tiene un papel en la función nuclear para reparar el DNA (Meyer-Siegler y col., 1991). Particularmente, varios reportes indican que esta enzima es parte integral de varios mecanismos de apoptosis y puede participar en la muerte neuronal en algunas enfermedades degenerativas. La mitocondria juega un papel importante en el inicio y propagación de la apoptosis, con ciertos eventos como la acumulación de calcio, la generación de radicales libres y, tal vez, la activación de la permeabilidad por poros. Una proteína de 38 kDa fue encontrada sobreexpresada antes de la apoptosis y fue identificada como Gadph por secuenciación de su extremo N-terminal (Ishitani y col., 1997). La sobreexpresión de esta enzima en las células induce la muerte celular o la facilita, debido al estrés oxidante (Kragten y col., 1998). Existe también la hipótesis de que Gadph sirve como un sensor intracelular de estrés oxidante y juega un papel importante en la cascada de muerte celular. De la misma forma, se une con la proteína Siah, un miembro de la superfamilia de proteínas conocidas como E3 ligasas, las cuales se encargan de la ubiquitinización proteica. El sitio activo modificado por esta enzima *in vivo* surge por los productos derivados del óxido nítrico producidos en respuesta al estrés oxidante (Yasuda y col., 1998). Bajo condiciones oxidantes, Gapdh puede actuar como un control para direccionar el metabolismo de la glucosa a una mejor ruta (De-Maw y col., 2005)

Finalmente, la banda identificada en un círculo como 3 (Figura 4) presentó una similitud del 100% con

una ubiquinona (ubq)-S27a (*Ovis aries*; Base de datos de la NCBI).

Banda III

Peso molecular: 11643.3 Da

pI: 5.5

Longitud: 89

TGK**TITLEVEPSDTIENVK**AKIQDKEGIPPDQQRLLIFAGKQLEDGR**TLSDYNIQK**ESTLHLVLRLRGGAKKRKKKSYTTPKKNKHKRKK

Al igual que la proteína Gapdh, la ubiquinona no ha sido correlacionada con el flavor de la carne. No obstante, es estable al calor ya que se pliega en una estructura globular compacta. Se encuentra a lo largo de la célula y puede existir tanto en forma libre o como parte de un complejo con otras proteínas. En este último caso, es atrapada (conjugada) con proteínas a través de enlaces covalentes entre la glicina del C-terminal y las cadenas laterales de lisina de las proteínas. Las ubiquinonas (ubq) solitarias pueden estar conjugadas con las lisinas de las proteínas, proceso que depende de la hidrólisis de ATP. La conjugación de la ubq participa en la reparación de ADN, la regulación de la transcripción y la apoptosis. La ubiquinona por sí misma no degrada a las proteínas, sólo marca a las proteínas que deben ser degradadas. La degradación se lleva a cabo por el proteosoma 26S, el cual reconoce lo que marca la ubiquinona. Cierta secuencia de aminoácidos parece que son señales para la degradación, una secuencia conocida es el PEST, una secuencia corta de 8 aminoácidos de prolina, ácido glutámico, serina y treonina (Gao y Karin, 2005).

Por lo mencionado anteriormente, no existen reportes sobre la secuencia de los péptidos relacionados con el flavor, sólo se reporta que existe una correlación con este parámetro. Sin embargo, algunos trabajos han indicado que los péptidos cambian la percepción del sabor. Por ejemplo, la carnosina y la arserina (Suyama y Zumiyo, 1982), así como los dipéptidos Gly-Glu, Pro-Glu, y Val-Glu (Kimura y col., 1969) tienen capacidad amortiguadora, así como los oligopéptidos ricos en ácido glutámico y los hidrolizados de caseína (Noguchi y col., 1975). Igualmente, Yamasaki y Maekawa (1978) reportaron que existe un péptido pequeño de 8 aminoácidos inicialmente extraído tras digerir carne de bovino con papaína conocido como “péptido delicioso (BMP)”, con una secuencia de aminoácidos H-Lys-Gly-Asp-Glu-Glu-Ser-Leu-Ala-OH (K-G-D-E-E-S-L-A). van Wassenar y col. (1995) indicaron posteriormente que este péptido no tiene flavor cercano a carne o umami, lo cual puede ser debido a que la síntesis llevada a cabo por Yamasaki y Maekawa (1978), Tamura y col. (1989) o Spanier y col. (2004) provoca una racemización en la composición de aminoácidos y una diferencia en la estabilidad del péptido, lo que podría ser una explicación de tal discrepancia.

La desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas participa poco en la consistencia de la carne cocida y en los cambios estructurales que se dan en la carne durante la cocción (Tornberg, 2005). La reacción de Maillard entre los azúcares reductores y los grupos aminos es una de las principales rutas

generadoras de los compuestos del flavor en la carne cocida. Sin embargo, la generación de péptidos es observada después de la cocción, ya que esta causa la desnaturalización de las proteínas, fragmentación de las proteínas miofibrilares, formación de gel de las proteínas sarcoplásmica y la solubilidad del tejido conectivo (Cheng y Parrish, 1976; Palka, 2003). El tejido conectivo, formado por colágeno, contiene un alto contenido de prolina y glicina, por lo que es muy estable al almacenamiento, incluso durante más de dos semanas (Nishimura y Kato, 1998). Sin embargo, es desnaturalizado durante el tratamiento por calor (Rochdi y col., 1985), a pesar que la alta proporción de residuos de prolina que posee contribuye a su estabilidad a altas temperaturas.

8.1.4 Relación entre los parámetros fisicoquímicos, sensoriales y perfil de péptidos para carne cruda y a la parrilla por medio de análisis de componentes principales (ACP)

El valor de la medida de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fue de 0.55 y la prueba de especificidad de Bartlett obtuvo una $p < 0.000$, lo que indicó que todas las variables fueron adecuadas para el análisis por componentes principales (Hair y col., 2006; Field, 2009).

En la tabla 4 se observa el resultado del ACP: los ejes 1 y 2 presentaron un 94.12% de explicación de las 26 variables tanto fisicoquímicas, sensoriales y de perfil de péptidos.

Tabla 4. Resultado del análisis de componentes principales para carne cruda almacenada durante 14 días en refrigeración.

No. de componentes obtenidos	Valores propios	Contribución (%)	Suma (%)
1	19.69792	72.96	72.96
2	5.71376	21.16	94.12
3	1.58832	5.88	100

La representación gráfica del ACP (Figura 5) muestra los atributos sensoriales, los parámetros fisicoquímicos y los equivalentes de citocromos-*c*. Aquellas variables que están situadas en el mismo cuadrante tienen una correlación positiva y las ubicadas en cuadrantes opuestos están correlacionadas negativamente. Asimismo, podemos observar que los días que están próximos tienen características similares, es decir el día 7 y 14.

El eje uno fue definido por siete variables sensoriales (color, brillo, fibrosidad, olor a sangre, olor a sebo, suavidad manual y adhesividad manual), el color evaluado instrumentalmente, seis parámetros de TPA, actividad de proteasas ácidas y solubilidad de proteínas. Igualmente, se observa que el eje dos

esta descrito por dos atributos sensoriales (apariencia grasa y homogénea) y cinco variables fisicoquímicas (pH, h° , ΔE^* , elasticidad y actividad de proteasas neutras). Por otro lado, el día tres fue determinado por adhesividad manual, apariencia fibrosa, dureza, masticabilidad, adhesividad y WB-esfuerzo de corte. El día tres se caracterizó por los atributos de dureza, solubilidad de proteínas sarcoplásmicas, parámetro a^* y actividad de proteasas ácidas. Por otro lado, los día 7 y 14 están descritos por los parámetros de color sensorial, L^* , chroma, b^* . Asimismo, por olor a grasa (proveniente de los aldehídos formados durante la degradación de la estructura), olor a sangre, brillo, solubilidad de proteínas miofibrilares y total.

El ACP aportó información sobre las correlaciones entre las variables fisicoquímicas, sensoriales y de perfil de péptidos, lo cual ayudó a conocer la relación entre estos parámetros (que algunas veces no está clara y que es importante conocer: saber cómo impactan las características fisicoquímicas en las características sensoriales podría permitir controlar la calidad del producto). La tabla 34 (Anexo 12.15.6) muestra varias correlaciones; por ejemplo, en la figura 5 se observa la correlación negativa entre apariencia grasa y homogénea, ya que homogéneo se definió como carne sin variaciones en la apariencia (tejido conectivo, grasa y hueso; Tabla 23, Anexo 12.3.1). Estos parámetros son importantes, ya que la cantidad de grasa visible en una pieza de carne es significativa en la decisión de compra del consumidor.

La correlación entre brillo y solubilidad de la proteínas sarcoplásmicas fue -0.83, mientras la correlación entre brillo y L^* fue 0.85; los dos parámetros cuantificaron la cantidad de agua en la superficie de la carne. Las proteínas del músculo comienzan a desnaturalizarse, liberando agua, por lo que la superficie mojada de la carne refleja más luz. Igualmente, la correlación entre la solubilidad de las proteínas sarcoplásmicas y L^* fue -0.82. Los cambios en el color están correlacionados con la precipitación de las proteínas solubles sarcoplásmicas (Joo y col., 1999) o la desnaturalización de la globina; igualmente, el grupo hemo es desplazado o liberado. Consecuentemente, un mayor contenido de agua libre dentro de la carne almacenada resultó en un color superficial más claro (Yuan y col., 2011). Asimismo, la desnaturalización proteica aumentó durante el almacenamiento, lo que se reflejó en menos solubilidad de las proteínas. La solubilidad de proteínas total presentó una correlación positiva con la solubilidad de las proteínas miofibrilares (0.99), pero una correlación negativa con la solubilidad de las proteínas sarcoplásmicas (-0.88). Además, hubo una correlación entre la solubilidad de las proteínas miofibrilares y las sarcoplásmicas de -0.92, ya que la solubilidad de las proteínas sarcoplásmicas disminuyó durante el almacenamiento ($p \leq 0.04$). La reducción de la solubilidad representa una medida de la desnaturalización proteica y puede ser asociada con la formación de

agregados insolubles que no pueden ser extraídos (Begonya y col., 2010). En consecuencia, algunas propiedades funcionales son afectadas, por ejemplo, la capacidad de retención de agua (CRA) y formación de geles, entre otras.

La apariencia fibrosa presentó una correlación con suavidad manual (-0.91), solubilidad de las proteínas miofibrilares (-0.88), WB-esfuerzo de corte (0.91), dureza (0.91) y masticabilidad (0.8). Es decir, cuanto más fibrosa fue la carne, fue más dura y con un valor de masticabilidad mayor (Tabla 34, Anexo 12.15.6). Un buen predictor de la suavidad sensorial es el esfuerzo de corte (WB), que también puede ser considerado como indicador de calidad.

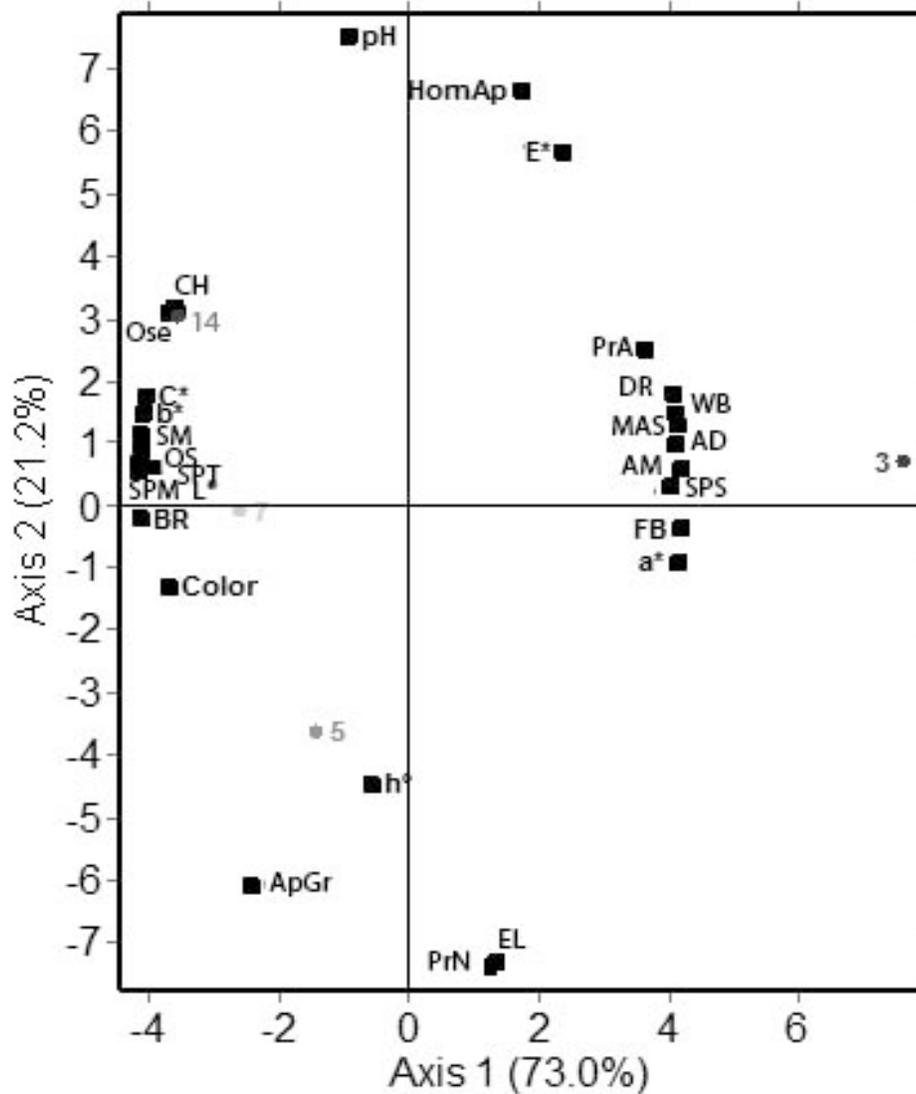


Figura 5. Análisis de componentes principales para carne cruda de ovino almacenada durante 14 días en refrigeración.

ApGr: Apariencia grasa **Hom:** Apariencia homogéneo **BR:** Brillo **FB:** Fibrosidad **OS:** Olor a sangre **Ose:** Olor a sebo **SM:** Suavidad manual **AM:** Adhesividad manual **SPT:** Solubilidad de proteína total **SPS:** Solubilidad proteínas sarcoplásmicas **SPM:** Solubilidad de proteínas miofibrilares **DR:** Dureza-TPA **AD:** Adhesividad-TPA **EL:** Elasticidad-TPA **CH:** Cohesividad- TPA **MAS:**Masticabilidad-TPA **PrA:** Actividad proteasas ácidas **PrN:** actividad proteasa neutras

Otro atributo importante en la decisión de consumir la carne es el olor, la correlación entre olor a sangre y grasa fue 0.81, ya que la oxidación de la grasa atribuido al ácido butanóico acentúa el olor a sangre (olor metálico). La carne cruda tuvo un suave olor a grasa, que es descrito como sanguinolento y metálico. El hexanal contribuye al aroma a grasa o herbal (Elmore y col., 1999).

La suavidad manual presentó una correlación positiva con la solubilidad de proteínas miofibrilares (0.97). La correlación entre la suavidad manual y cohesividad fue de 0.78. Asimismo, la correlación

entre el esfuerzo de corte y la suavidad fue -0.75, debido a que la técnica para evaluarlas fue diferente (Tabla 23, Anexo 12.3.1). No obstante, otros reportes no mostraron una fuerte correlación entre el esfuerzo de corte y los parámetros de aceptabilidad del consumidor (Platter y col., 2003).

En el presente estudio, la solubilidad de las proteínas miofibrilares presentó una correlación con el esfuerzo de corte WB y dureza-TPA de -0.81 y -0.83 respectivamente. Esto es inesperado, ya que la disminución de la solubilidad proteica es debida a la degradación de las miofibrillas, por lo tanto el esfuerzo de corte debe tener valores pequeños. Igualmente, la correlación entre adhesividad manual y adhesividad-TPA fue de 0.71, ya que la muestra se evaluó con la misma técnica (Tabla 23, Anexo 12.3.1). La correlación entre suavidad manual y pH fue de 0.55. Silva y col. (1999) reportaron que la suavidad manual e instrumental se incrementa linealmente con el pH, debido a la hidrólisis de proteínas.

El valor de la medida de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fue de 0.64 y la prueba de especificidad de Bartlett obtuvo una $p < 0.000$, lo que indicó que todas las variables fueron adecuadas para el análisis por componentes principales (Hair y col., 2006; Field, 2009).

También se realizó el ACP para carne a la parrilla; en la tabla 5 se observa para cada componente el porcentaje de explicación de la variabilidad de las variables sensoriales, fisicoquímicas y de perfil de péptidos. El total de la variabilidad es del 85.74% y está condensada en dos nuevas variables.

Tabla 5. Resultado de componentes principales para carne a la parrilla de ovino almacenada durante 14 días en refrigeración.

No. de componentes obtenidos	Valores propios	Contribución (%)	Suma (%)
1	14.10501	50.38	50.38
2	9.90293	35.37	85.74
3	3.99206	14.26	100

En la figura 6 se observan los atributos sensoriales y los parámetros fisicoquímicos, aquellos que están situados en el mismo cuadrante tienen una correlación positiva y los ubicados opuestos unos de los otros están correlacionados negativamente. Asimismo, se puede observar que los días que están cercanos (el día 5 y el día 14) tienen características similares.

El eje 1 está, en este caso, definido por nueve variables sensoriales (apariencia grasa, apariencia homogénea, brillo, intensidad olor a carne asada, olor a grasa, dureza, fibrosidad y masticabilidad),

humedad, WB-esfuerzo de corte, elasticidad, cohesividad y masticabilidad y citocromo-*c* equivalentes en carne a la parrilla. El eje 2 está influenciado por cinco atributos sensoriales (color, apariencia fibrosa, jugosidad, sensación grasa y, sabor a grasa), color instrumental, dureza de TPA y citocromo-*c* equivalentes en carne cruda.

El día 3 está definido por una mayor dureza y masticabilidad sensorial, fibrosidad en la boca, elasticidad, WBSF y humedad. Por lo tanto, está caracterizado por parámetros de textura en carne cruda (Figura 5) y a la parrilla. Del mismo modo, el día 7 se distinguió por color y dureza-TPA, el día 14 por masticabilidad-TPA y cohesividad, olor a intensidad a carne asada, citocromo-*c* equivalentes de carne a la parrilla e intensidad de flavor.

Como se mencionó anteriormente, en carne cruda las correlaciones son importantes, por lo que se observaron varias correlaciones entre las variables (Tabla 36, Anexo 12.15.6). El atributo apariencia grasa fue positivamente correlacionado con el olor a grasa (0.75) y sensación grasa (0.64), y tiene una correlación negativa con intensidad de flavor a ovino (-0.96). Sañudo y col. (1996) indicaron que la intensidad de flavor se incrementó con el nivel de grasa. Por otro lado, Renand y col. (2001) reportaron que la intensidad del flavor no está correlacionada con el contenido lipídico intramuscular (0.16). Adicionalmente, la jugosidad mostró valores de correlación de -0.54 con sensación grasa, -0.53 con humedad, 0.42 con masticabilidad sensorial y -0.81 con masticabilidad-TPA.

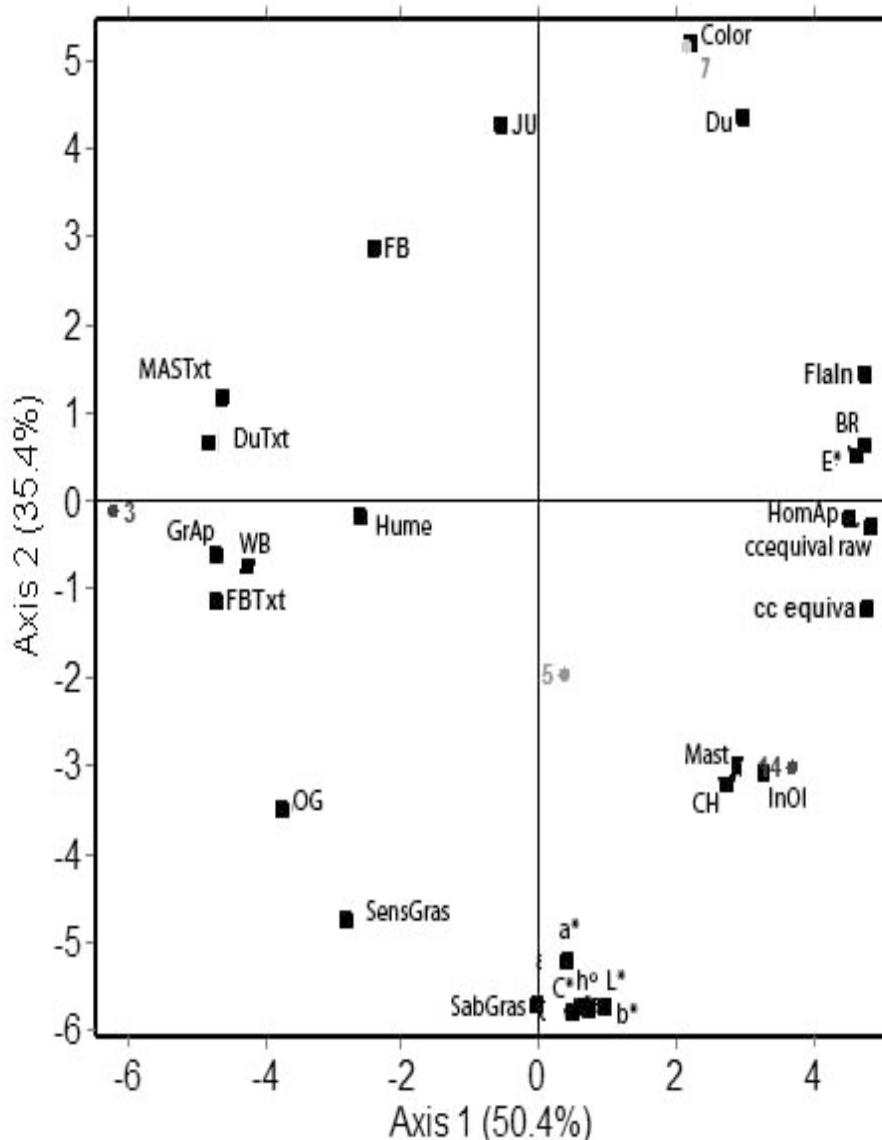


Figura 6. Análisis de componentes principales para carne a la parrilla de ovino almacenada durante 14 días en refrigeración.

GrAp: Apariencia grasa **HomAp:** Apariencia homogénea **BR:** Brillo **FB:** Apariencia Fibrosa **InOI:** Olor intensidad a carne asada **OG:** Olor a grasa **DuTxt:** Dureza **FBtxt:** Fibrosidad **MAStxt:** Masticabilidad **JU:** Jugosidad **SensGras:** Sensación grasa **SabGras:** Sabor a grasa **FlaIn:** Intensidad flavor a ovino **Hume:** Humedad **Du:** Dureza-TPA **CH:** Cohesividad-TPA **Mast:** Masticabilidad-TPA **ccequivalraw:** Citocromo-c equivalentes carne cruda **ccequiva:** Citocromo-c equivalentes carne a la parrilla

La jugosidad vuelve a la carne más suave y fácil de masticar. Berry y Leddy (1984) indicaron que la jugosidad esta asociada a altos niveles de grasa en carne molida; sin embargo, para el ovino la cantidad de grasa tiene una moderada relación con la jugosidad (Jeremiah y col., 1972). La sensación grasa estuvo correlacionada positivamente con el sabor a grasa (0.79).

El atributo brillo tuvo una correlación negativa con la humedad (-0.71) y con la apariencia grasa (-0.88), y no está vinculado estrechamente con L^* (0.08). Estos resultados fueron inesperados, puesto que cuando la grasa es calentada, se funde y lubrica las fibras musculares de la carne. De acuerdo con Hovenier y col. (1993) la dureza sensorial está correlacionada con fibrosidad (0.94), masticabilidad sensorial (0.98) y esfuerzo de corte (0.89), mientras que se correlacionó negativamente con dureza y masticabilidad-TPA (-0.54 y -0.98, respectivamente; Tabla 36, Anexo 11.15.6). En estudios previos, los parámetros de TPA estuvieron más correlacionados con la suavidad sensorial, incluyendo la suavidad y masticabilidad inicial, comparando con el esfuerzo de corte (WBSF; Jeong y col. 2010). En el presente estudio, el esfuerzo de corte estuvo altamente correlacionado con los parámetros sensoriales. Igualmente, el esfuerzo de corte tuvo una correlación negativa con dureza-TPA (-0.75) y masticabilidad-TPA (-0.73). Las correlaciones con la intensidad de flavor fueron de -0.93, -0.98, 0.89 para dureza sensorial, fibrosidad y equivalentes de citocromo-*c*, respectivamente. Carne más dura y fibrosa fue percibida al tener menor intensidad de flavor. El flavor es atribuido a otros componentes musculares solubles en agua, los cuales son retenidos en el agua remanente durante la cocción.

8.2 Etapa 2: electroforesis bidimensional y Western Blot.

Se realizó la electroforesis desnaturalizante SDS-PAGE para la fracción sarcoplásmica, posteriormente se ensayo el anticuerpo para la mioglobina, la cual esta relacionada con el color sensorial e instrumental de la carne. Sin embargo, no se obtuvieron resultados favorables por lo que se decidió llevar a secuenciar aquellas manchas que por peso molecular y punto isoelectrico coincidían con la mioglobina.

8.2.1 Análisis de la mioglobina por medio de electroforesis bidimensional y secuenciación

El color es un parámetro importante para la decisión de compra del consumidor. En la figura 7 se observa la electroforesis bidimensional de la fracción sarcoplásmica, identificado a las proteínas inferiores de lado derecho como mioglobinas. La secuencia de aminoácidos obtenida por medio de LC-MS/MS fue comparada en NCBI para identificar la proteína de origen. La secuencia obtenida presentó una similitud del 26.6 y 36.4% con muestras de mioglobina (Acc. #: 118595750).

1 Acc. #: 118595750 Species: CEREL Name: RecName: Full=Myoglobin Protein MW: 17053.7
 Protein pI: 7.2 Protein Length: 154

1 MGLSDGEWQL VLNAWGKVEA DVAGHGQEV LIRLFTGHPET LEKFDKFKHL KTEAEMKASE DLKKHGNTVL TALGGILKKK
 81 GHHEAEVKHL AESHANKHKI PVKYLEFISD AIIHVLHAKH PSNFGADAQG AMSKALELFR NDMAAQYKVL GFQG

Num Unique	% Cov	Best Disc Score	Best Expect Val
3	26.6	2.17	0.0015

1 Acc. #: 118595750 Species: CEREL Name: RecName: Full=Myoglobin Protein MW: 17053.7
 Protein pI: 7.2 Protein Length: 154

1 MGLSDGEWQL VLNAWGKVEA DVAGHGQEV LIRLFTGHPET LEKFDKFKHL KTEAEMKASE DLKKHGNTVL TALGGILKKK
 81 GHHEAEVKHL AESHANKHKI PVKYLEFISD AIIHVLHAKH PSNFGADAQG AMSKALELFR NDMAAQYKVL GFQG

Num Unique	% Cov	Best Disc Score	Best Expect Val
4	36.4	2.84	2.0e-4

Las dos proteínas identificadas, con química y peso molecular similares, pero diferentes pI son probablemente isoformas (Hamelin y col., 2006). Las funciones de la mioglobina están altamente conservadas en el ganado productor de carne y las especies de corral, teniendo prácticamente la misma secuencia de aminoácidos (por ejemplo, las secuencias del bovino, visón y del yak comparten la misma secuencia, así como ocurre con el venado y el venado cola blanca y con el pollo y el pavo).

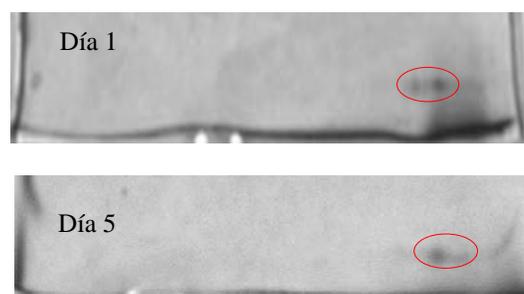


Figura 7. Electroforesis bidimensional de la fracción sacoplásmica de la carne de ovino almacenada durante 14 días.

La mioglobina y la hemoglobina son proteínas que tienen gran influencia en el color de la carne. Después de todos los tratamientos, al terminar la matanza el objetivo es preservar las dos formas de la mioglobina por un periodo de tiempo largo. Puede observarse pequeños cambios de color en carnes con pH alto, lo que normalmente se asocia con un incremento en el consumo de oxígeno acompañado por un incremento en la estabilidad de la oximioglobina y la actividad de la metamioglobina reductasa.

Vale la pena destacar que la calidad de la carne, incluyendo la del *M. longissimus dorsi*, está usualmente correlacionada con la magnitud del potencial glicolítico de los músculos y el contenido libre de glucosa (Juncher y col., 2001; Hamilton y col., 2003; Moeller y col., 2003). Los pigmentos como la hemoglobina y el citocromo contribuyen al color de la carne. Sin embargo, la mitocondria continúa metabolizando oxígeno en el músculo esquelético postmortem, y se ha reportado que mitocondrias intactas se pueden aislar hasta los 60 días postmortem (Tang y col., 2005a). La competencia entre la mitocondria y la mioglobina es un componente clave en el desarrollo del color rojo-brillante. La mitocondria puede influir en la estabilidad del color por medio de la vía de consumo de oxígeno y reduciendo la producción de la metamioglobina. Como resultado, los factores que influyen la actividad mitocondrial pueden afectar el color de la carne; por ejemplo, muy alta o muy baja función mitocondrial puede ser perjudicial para la estabilidad del color (Sammel y col., 2002). La respiración mitocondrial afecta al color de la carne disminuyendo la presión parcial de oxígeno, y la mitocondria puede interactuar con la oximioglobina, resultado de la transferencia del enlace hemo-oxígeno de la oximioglobina a la mitocondria. Ambas funciones celulares promueven la formación de la desoximioglobina, resultando una carne de color más oscuro. En esta situación, la carne no presenta el blooming, por lo que no posee el color rojo-cereza característico.

Por otro lado, la desnaturalización de la globina expone el grupo hemo e incrementa la susceptibilidad de éste a la oxidación. Los pigmentos en la carne cocida son coagulados debido al desdoblamiento de la cadena de la globina, por lo que son insolubles en soluciones acuosas (Cornforth y Jayasingh, 2004). El calor induce la desnaturalización de la metamioglobina originando un hemicromo (ferrohemocromo) globin desnaturalizado, el cual es responsable de la apariencia marrón-pálido de la carne cocida. Sin embargo, la desnaturalización de la globina en la forma mioglobina ferrosa permite la formación del hemocromo rosa-rojo (ferrohemocromo) globin desnaturalizado, el cual se oxida a café ferrohemocromo. La cocción-inducida desnaturaliza la carboximioglobina resultando en la formación de un carboxi-hemocromo (ferrocromo) rosa-rojo globin desnaturalizado (Nam y Ahn, 2002). Los productos reactivos de la oxidación lipídica afectan el color de la carne acelerando la oxidación de la mioglobina (Faustman y col., 1999). Los aldehídos altamente reactivos son polares (Esterbauer y col., 1991) y se difunden rápidamente hacia el sarcoplasma, donde covalentemente adducen moléculas de mioglobina. Los residuos de cisteína en las proteínas son los blancos más favorables para la adducción nucleofílica por aldehídos; la ausencia de cisteína en la mioglobina del ganado y aves de corral hace a las histidinas también un candidato favorable para esta reacción (Alderton y col., 2003; Suman y col., 2007). La adducción de los aldehídos a histidinas próximas y distales, las cuales coordinan la estabilidad

del hemo, exponen el grupo hemo a un ambiente oxidante, y permiten el incremento de la oxidación de la mioglobina. Por ello, las estrategias para inhibir la oxidación lipídica no sólo minimizan la rancidez sino que también mejoran la estabilidad del color (Faustman y col., 2010).

8.2.2 Análisis de desmina, vinculina y miosina por medio de electroforesis bidimensional y Western Blot

En primer lugar, se realizó la electroforesis desnaturizante SDS-PAGE, probándose los anticuerpos correspondientes a las proteínas de estudio como control, antes de realizar la electroforesis bidimensional. En las siguientes figuras se muestra la degradación de las proteínas desmina y vinculina, así como de la miosina.

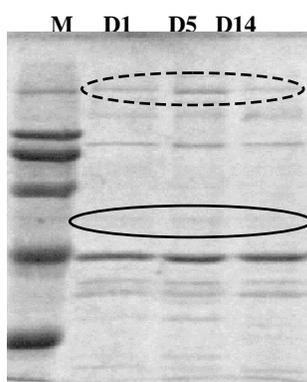


Figura 8. Electroforesis desnaturizante de proteínas miofibrilares de carne de ovino en refrigeración en los días 1, 5 y 14.

Carril I: Marcador de pesos moleculares.

Carril II: Día 1.

Carril III: Día 5.

Carril IV: Día 14.

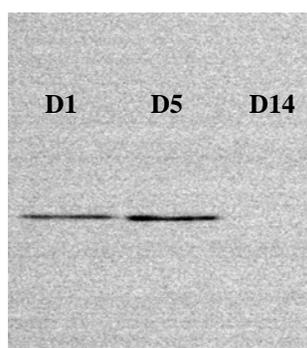


Figura 9. Imagen de Western Blot del anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en los días 1, 5 y 14.

Carril I: Día 1.

Carril II: Día 5.

Carril III: Día 14.

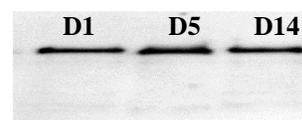


Figura 10. Imagen de Western Blot del anticuerpo miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en los días 1, 5 y 14.

Carril I: Día 1.

Carril II: Día 5.

Carril III: Día 14.

En las figura 8 se muestra el perfil electroforético de las proteínas miofibrilares a lo largo de 14 días de almacenamiento, la banda marcada con una elipse continua se corresponde con el marcaje que aparece en la figura 9 con el anticuerpo anti-desmina. Se puede apreciar la práctica desaparición de esta proteína en el día 14 del almacenamiento. La banda rodeada con una elipse punteada en la figura 8 se corresponde con el marcaje de las bandas de miosina de la figura 10; esta proteína no disminuyó durante el almacenamiento.

Finalmente, en la figura 11 se observa el perfil electroforético de las proteínas miofibrilares a lo largo de 14 días de almacenamiento: la banda marcada con una elipse punteada se corresponde con el marcaje con el anticuerpo anti-vinculina de la figura 12, pudiéndose observar una severa disminución en el día 14 del almacenamiento.

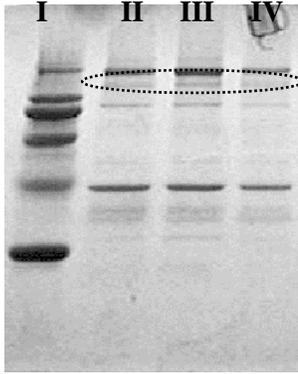


Figura 11. Electroforesis desnaturalizante de proteínas miofibrilares de carne de ovino en refrigeración en los días 1, 5 y 14.

Carril I: Marcador de pesos moleculares.
Carril II: Día 1.
Carril III: Día 5.
Carril IV: Día 14.

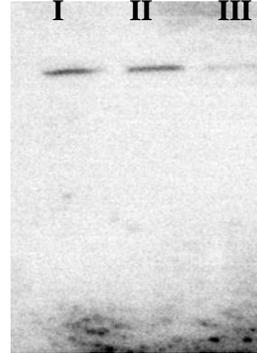


Figura 12. Imagen de Western Blot del anticuerpo vinculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato los días 1, 5 y 14.

Carril I: Día 1.
Carril II: Día 5.
Carril III: Día 14.

En la siguiente etapa se realizó la electroforesis bidimensional y un biblot de las proteínas miosina, desmina y vinculina. La observación previa de que la desmina y la vinculina son degradadas en carne de bovino, porcino y pollo ha permitido plantear la hipótesis que la suavidad de la carne involucra la degradación del citoesqueleto intracelular (por ejemplo, la estructura de filamentos intermedios y la degradación de los costámeros que pueden debilitar el sarcolema); de ese modo se incrementa el flujo de calcio y la actividad de las calpaínas (Purslow y col., 1997). La desmina pertenece al grupo de proteínas del citoesqueleto, el cual es responsable de la integridad y rigidez de la célula muscular. La desmina está localizada en los filamentos intermedios, siendo responsable de la estructura lateral e integridad de las miofibrillas porque sostiene miofibrillas adyacentes juntas en el nivel de la línea Z. Es generalmente aceptado que la fuente del goteo en carne de cerdo es agua intracelular que se pierde de la fibra muscular postmortem, debido a un pH alto y una bomba de calcio que induce el encogimiento de las miofibrillas durante el desarrollo del rigor (Honikel y col., 1986; Offer y col., 1989). En cuanto a la miosina, es la proteína mayor representada en el músculo (Antecedentes 1.2).

En las figuras 14, 18 y 22 se observa el marcaje de la desmina en biblot. En el día uno (Figura 14) se observó una mancha intensa, en el día 5 se muestran tres pequeñas manchas y la intensidad disminuyó en un intervalo del 20 al 40% (Figura 18). Por último, en el día 14 la intensidad y tamaño de disminuyeron significativamente hasta un 16% (Figura 22). Esto concuerda con lo reportado por Lars-Kristensen y Purslow, (2001) quienes describieron que la intensidad del inmunomarcaje para la desmina (banda de 55 kDa) disminuyó gradualmente su intensidad un 29% del valor inicial después de 10 días de almacenamiento postmortem en carne de cerdo.

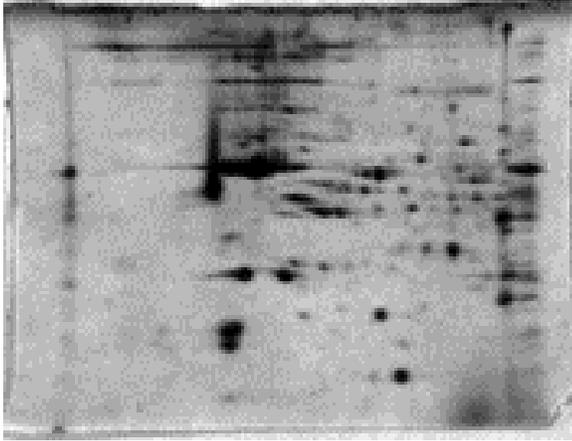


Figura 13. Electroforesis bidimensional de la fracción miofibrilar de carne de ovino en el día 1 de almacenamiento a 4°C.

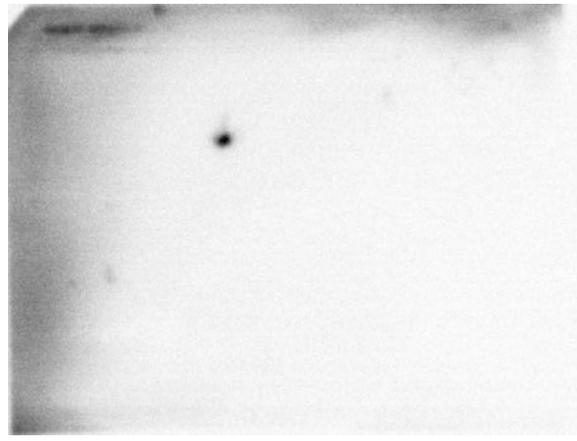


Figura 14. Imagen de Western Blot del anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en el día 1.

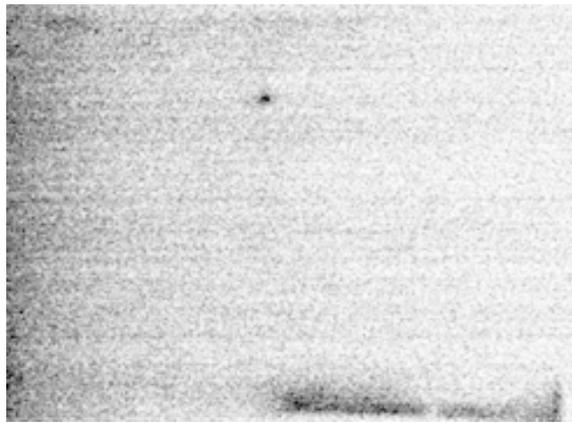


Figura 15. Imagen de Western Blot del anticuerpo vinculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP sustrato en el día 1



Figura 16. Imagen de Western Blot de la proteína miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 1.

El sistema enzimático posible responsable de la degradación de la desmina durante el almacenamiento postmortem son las calpainas, aunque esto no ha sido plenamente demostrado. Se ha comprobado que

la desmina es susceptible a la degradación por el sistema activado con calcio (calpainas) (Lazarides, 1980; Nelson y Traub, 1982).

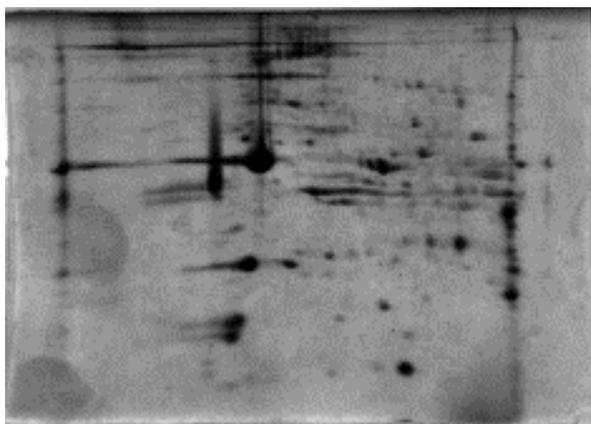


Figura 17 . Electroforesis bidimensional de la fracción miofibrilar de carne de ovino en el día 5 de almacenamiento a 4°C.



Figura 18. Imagen de Western Blot del anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 5.



Figura 19. Imagen de Western Blot del anticuerpo viculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 5.

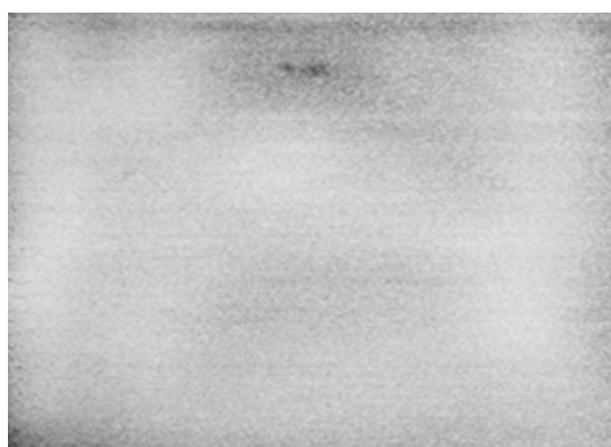


Figura 20. Imagen de Western Blot del anticuerpo miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 5.

Igualmente, Iwanowska y col. (2010) observaron en geles de una dimensión (SDS-PAGE) e inmunoblot una disminución gradual del contenido de desmina en toros. Los productos derivados de la degradación de la desmina se incrementaron durante el segundo y cuarto día de almacenamiento, y la banda de la desmina se desvanece en el día 1.

En la figura 15 se muestra la vinculina marcada con el anticuerpo en el día 1. En el día 5 (Figura 19) y 14 se obtuvo una mancha con una intensidad del 38 y 24% menor, respectivamente. Los resultados coinciden con lo reportado por Lars-Kristensen y Purslow (2001) ya que la pérdida del marcaje para

vinculina (116 kDa) demuestra que esta proteína es degradada ligeramente en los primeros días de almacenamiento postmortem. En dicho trabajo, la intensidad se reduce un 37% del valor inicial después de 10 días.

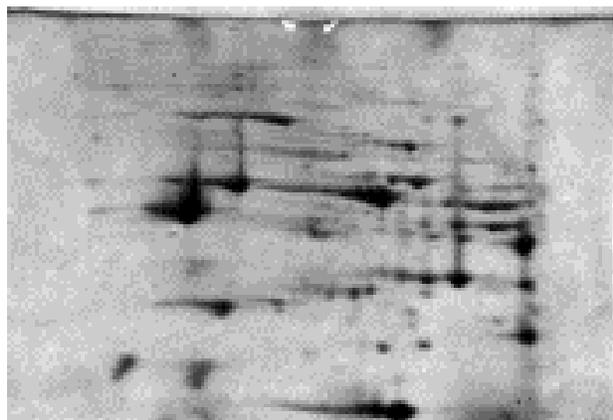


Figura 21. Electroforesis bidimensional de la fracción miofibrilar de carne de ovino en el día 14 de almacenamiento a 4°C.

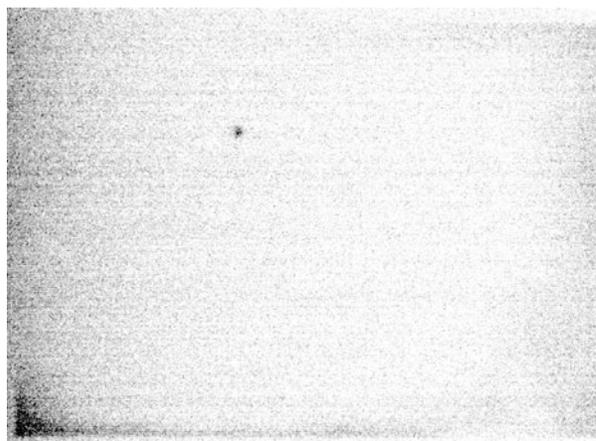


Figura 22. Imagen de Western Blot de anticuerpo desmina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 14.

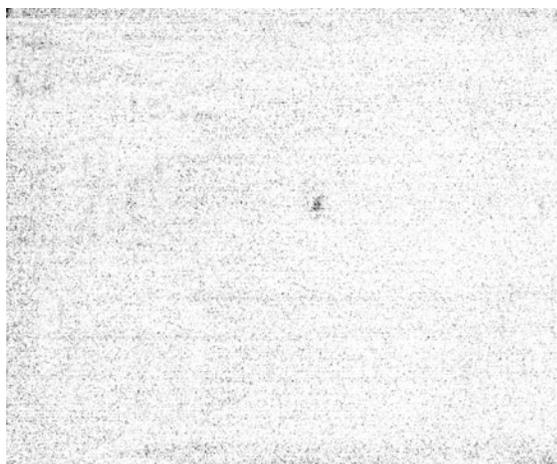


Figura 23. Imagen de Western Blot del anticuerpo vinculina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 14.

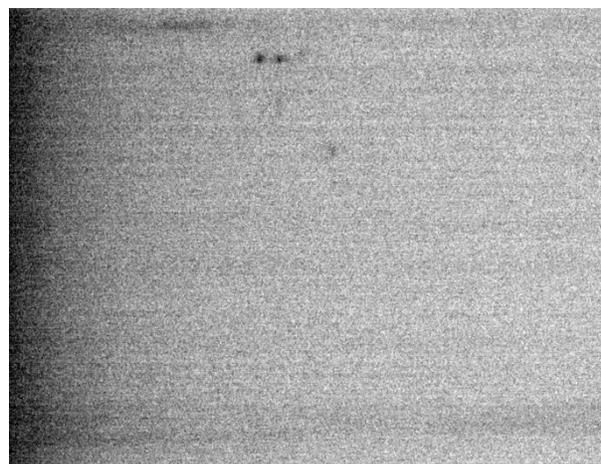


Figura 24. Imagen de Western Blot del anticuerpo miosina revelado con Immobilon Western Chemiluminescent HRP en el día 14

En las figuras 16, 20 y 24 se observa la degradación de la cadena pesada de miosina, ya que las manchas se marcaron en la parte superior y con un pI aproximadamente de 5. El día uno (Figura 16) es sólo una mancha, lo cual puede deberse a que se extrajo entre las 6 primeras horas postmortem por lo que la proteína se encuentra formando un complejo. Sin embargo, los siguientes días se observaron dos

manchas, con un área menor de 3 y 40% para la mancha del lado izquierdo y la del lado derecho, respectivamente. Asimismo, en el día 15 existió una separación más clara, con una disminución del 9 y 88% en dichas manchas (Figura 24). Se sabe que la actina y la miosina forman el complejo de actomiosina con puentes cruzados fuertemente unidos (Bremel y Weber, 1972). La formación de actomiosina depende de los niveles intracelulares de Ca^{2+} (Gordon y col., 2000). No obstante, sólo una pequeña parte de la cadena pesada de la miosina y la actina se degrada postmortem, aunque en los geles se apreció una disminución detectable.

Morzel y col. (2004) reportaron que la mancha de la cadena de miosina de cadena ligera II (MLC II) fue mayor en el músculo de los cerdos que fueron transportados inmediatamente antes del sacrificio. La razón de este incremento pudo ser consecuencia de cambios en la fosforilación. Se ha reportado que la fosforilación de MLC afecta la sensibilidad de la contracción muscular al Ca^{2+} (Szczena y col., 2002). Igualmente, se ha especulado con que los cambios en la fosforilación de esta proteína pueden afectar a la textura de la carne. Varios reportes indican que ni la actina ni la miosina de cadena pesada fueron degradadas postmortem (Bandman y Zdanis, 1988; Koohmaraie, 1994; Huff-Lonergan y col., 1996b). Sin embargo, Hwang y col. (2005) y Lametsch y col. (2003) encontraron que ambas proteínas son degradadas postmortem. Se ha estimado que sólo una proporción de la α -actinina y la miosina de cadena pesada son degradadas porque la cantidad de fragmentos de éstas es menor comparada con la cantidad de miosina completa. Asimismo, se analizó por medio de espectrometría de masas la cadena pesada de miosina revelando que sólo la parte globular de la miosina fue degradada (Lametsch y col., 2002). Más aún, algunos fragmentos de miosina o actina han sido correlacionados significativamente con la suavidad de la carne. Por ello se puede especular con que la degradación de esta proteína conduce a la ruptura o debilitamiento de la interacción miosina-actina, lo cual resulta en una carne más suave y por eso en el presente estudio se evaluó la degradación de la miosina, aunque sólo de la cadena pesada.

8.2.3 Análisis factorial múltiple de la intensidad de las manchas de miosina, desmina y vinculina, actividad de las proteasas ácidas y neutras, WB-esfuerzo de corte, TPA y los atributos sensoriales de firmeza y suavidad manual

El análisis factorial múltiple es una técnica estadística que analiza la similitud de un conjunto de observaciones explicada por grupos diferentes de variables con escalas comparables o contradictorias (Abdi y Valentin, 2007), permitiendo que la influencia de cada variable esté balanceada. Puede

comparar múltiples conjuntos de datos, demostrando patrones de correlación por atributo (Morand y Pagès, 2006; Lê y col., 2008; Nestrud y Lawless, 2008).

Se realizó el análisis factorial múltiple (Anexo 12.15.5) de la densidad de las manchas de proteínas (miosina, desmina y vinculina) marcadas en Western Blot, la actividad de las proteasas ácidas y neutras, el esfuerzo de corte para carne cruda y a la parrilla, el análisis de TPA y los parámetros sensoriales (firmeza para carne a la parrilla y suavidad manual en carne cruda), con el objeto de conocer la correlación entre estos parámetros y observar cuál influye más sobre los días de almacenamiento.

Primeramente, se realizó el ACP de las variables proteómicas: en la figura 25 se observa que la variabilidad explicada del primer factor fue de 58.9% y del segundo factor del 41.1%. Las variables que definieron al factor uno son: densidad de desmina y vinculina en el día 1, 5 y 14. Cabe recordar que la desmina mostró diferentes manchas a lo largo del tiempo, no así la vinculina. Asimismo, el factor dos está definido por la densidad de la miosina en el día 1, 5 y 15. Igualmente, se observa que el día uno fue determinado por la vinculina y la desmina; la miosina en el día 1 define tanto al día 1 como el día 5. Por otro lado, la desmina en el día 5 y 14 caracterizó al día 5 de almacenamiento. Finalmente, el día 14 se identificó con la miosina del día 4 y 15.

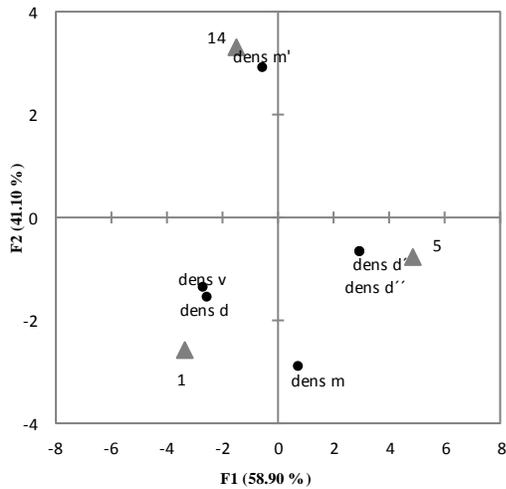


Figura 25. Análisis de componentes principales de la variable proteómica (manchas del western blot) de las proteínas desmina, vinculina y miosina.

dens d : densidad de la desmina día 1
dens d' : densidad de la desmina día 5
dens d'' : densidad de la desmina día 14
dens v : densidad de la vinculina día 1, 5 y 14
dens m : densidad de la miosina día 1
dens m' : densidad de la miosina el día 5 y 14

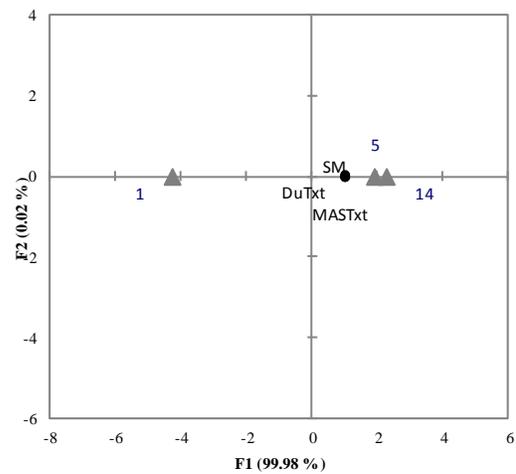


Figura 26. Análisis de componentes principales de la variable sensorial.

SM: suavidad manual
DuTxt: Dureza en carne a la parrilla
MASTxt: masticabilidad

El ACP para los parámetros de sensorial se observa en la figura 26, no se determinó sensorial para el día 1, debido a que el muestreo fue un sábado y para obtener una carne más apetecible se recomienda almacenar durante 48 h. La dureza y masticabilidad, para carne a la parrilla, y suavidad manual, para carne cruda, definieron el día 5 y 14; caracterizando sólo al factor 1. En la figura 27 se observa el ACP de las variables fisicoquímicas, el factor 1 explica el 79.73% y lo definen las variables WB-esfuerzo de corte para carne a la parrilla y cruda, dureza-TPA para carne cruda y actividad de las proteasas ácidas.

Entre tanto, el factor 2 explica el 20.27% caracterizado por la variable actividad de las proteasas neutras. El día uno fue definido por WB-esfuerzo de corte para carne a la parrilla. Los días 5 y 14 compartieron los parámetros de WB-esfuerzo de corte para carne a la parrilla, dureza-TPA para carne cruda y actividad de las proteasas ácidas y neutras.

En la figura 28 se observa el resultado obtenido del análisis factorial múltiple, donde el primer eje observa el 72.6% de la variación total de los datos y el segundo el 27.4%. Los valores de correlación vectorial (R_v) fueron 0.69 y 0.85 entre proteómica-sensorial y proteómica-fisicoquímico,

respectivamente, el R_v de fisicoquímico-sensorial es de 0.96 lo que indica que pueden ser usados indistintamente para determinar atributos de la carne.

El coeficiente R_v es una generalización multivariada del coeficiente de correlación tiene un intervalo entre cero y uno, la significancia de éste es difícil de determinar, pero un R_v mayor a 0.7 es considerado aceptable (Cartier y col., 2006).

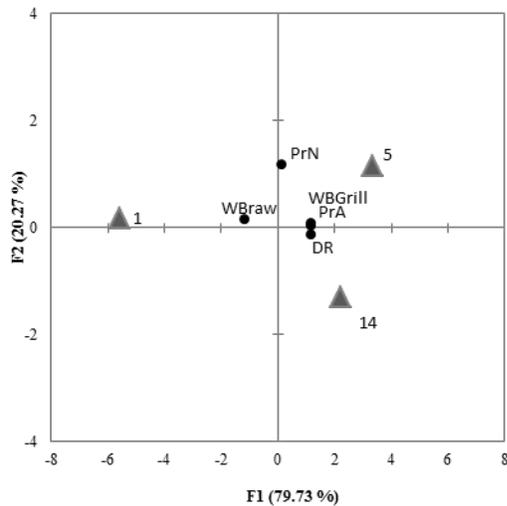


Figura 27. Análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas.

WBraw: esfuerzo de corte WB en carne cruda
WBGrill: esfuerzo de corte en carne a la parrilla
DR: dureza de TPA en carne cruda
PrN: actividad proteasas neutras
PrA: actividad proteasas ácidas.

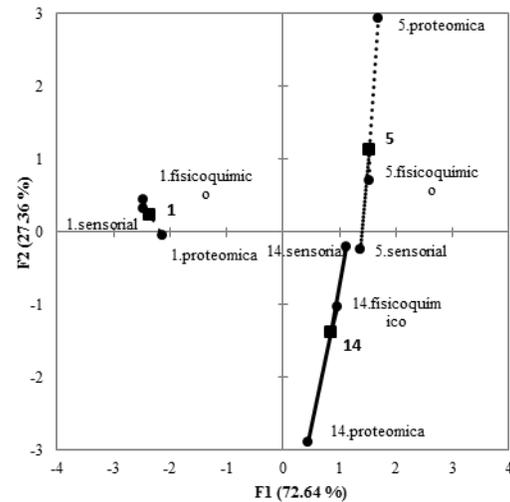


Figura 28. Análisis factorial múltiple de los productos individuales (día 1, 5 y 14) con respecto a las variables de sensorial, fisicoquímico y proteómica.

Asimismo, se observa que la mayor variación entre el método sensorial y proteómico se presentó en los días 5 y 14, lo que no ocurre con los fisicoquímicos (Figura 28). La menor variación entre los parámetros fue en el día 1, es decir el día uno fue bien descrito por las variables fisicoquímicas y proteómicas. Basado en lo reportado por Pagès (2004), usando los puntajes absolutos de las líneas parciales de cada producto de la primera dimensión, si una línea es dibujada del final de los vectores para cada uno de los productos hacia el eje x, se toman aquellos con una tasa mayor sobre la primera dimensión (Dooley y col., 2010). Que de esta forma, el día uno estuvo más caracterizado por los descriptores fisicoquímicos, seguido de los proteómicos en la primera dimensión. El día cinco lo definió la proteómica, lo fisicoquímico y por último lo sensorial. Finalmente, el día 14 se distinguió por la proteómica, lo fisicoquímico y por último lo sensorial.

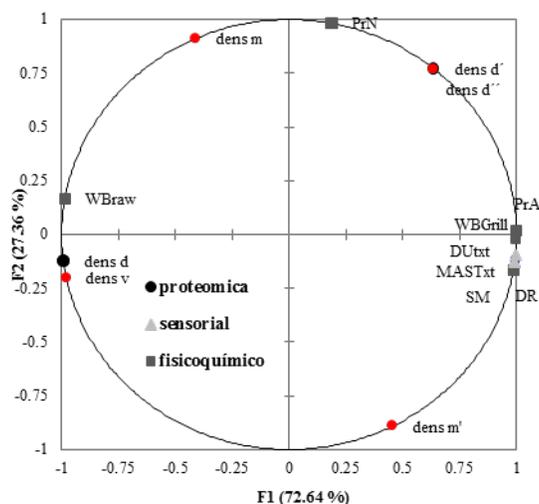


Figura 29. Círculo de correlación de las variables de proteómica, fisicoquímicas y sensoriales obtenido del análisis factorial múltiple.

VARIABLES DE PROTEÓMICA

- dens d:** densidad de la desmina día 1
- dens d':** densidad de la desmina día 5
- dens d'':** densidad de la desmina día 14
- dens v:** densidad de la vinculina día 1, 5 y 14
- dens m:** densidad de la miosina día 1
- dens m':** densidad de la miosina el día 5 y 14

VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS:

- WBraw:** esfuerzo de corte WB en carne cruda
- WBGrill:** esfuerzo de corte en carne a la parrilla
- DR:** dureza de TPA en carne cruda
- PrN:** actividad proteasas neutras
- PrA:** actividad proteasas ácidas

VARIABLES SENSORIALES:

- SM:** suavidad manual
- DuTxt:** Dureza en carne a la parrilla
- MASTxt:** masticabilidad

En la figura 29 se observa el círculo de correlación de las variables, comparando los métodos de proteómica, sensorial y fisicoquímica. Los vectores mostraron una alta correlación entre WB-esfuerzo de corte para carne cruda con densidad de la desmina ($r=0.96$) en el día 1 y la vinculina ($r=0.93$) en el día 1, 5 y 14. Asimismo, las variables de actividad de las proteasas ácidas, WB-esfuerzo de corte para carne a la parrilla, dureza sensorial en carne a la parrilla, masticabilidad, suavidad manual y dureza-TPA para carne cruda están correlacionadas positivamente (Tabla 38, Anexo 12.15.7), y correlacionados negativamente con la densidad de la desmina y la vinculina ($r>0.9$, Tabla 38, Anexo 11.15.7). Muroya y col. (2010) reportaron que algunas proteínas del citoesqueleto, incluyendo la troponina-T y la desmina, están relacionadas con las características de calidad. Wheeler y Koohmaraie (1999) demostraron que la desmina es un buen indicador de la proteólisis postmortem y la suavidad de la carne. Hwang y col. (2005) reportaron que la desmina permanece en un promedio de aproximadamente el 46% del nivel inicial (0 h) en el día 1 y 3 postmortem, pero la relación con el

esfuerzo de corte-WB es débil ($r=0.46$, $p<0.01$). Esto puede estar relacionado con la limitación inherente del análisis proteómico en términos del riesgo de la co-migración de proteínas intactas o de los productos intermediarios de degradación. La gran variación de la intensidad de las manchas durante el proceso de maduración puede ser afectada por estos factores.

En cuanto a la miosina, el día uno tuvo una correlación negativa mayor a 0.5 con los parámetros de dureza a la parrilla, masticabilidad, suavidad manual y dureza-TPA de carne cruda. Una correlación positiva de 0.56 con WB-esfuerzo de corte en carne cruda y 0.81 con actividad de las proteasas neutras. Para la miosina, en los días 5 y 14 se observó una correlación positiva mayor a 0.5 con dureza a la parrilla, masticabilidad, suavidad manual y dureza-TPA de carne cruda; y para actividad de las proteasas ácidas y WB-esfuerzo de corte para carne cruda una correlación negativa mayor a 0.5 (Tabla 38, Anexo 12.15.7). Esto coincide con lo obtenido por Lametsch y col. (2003) quienes indicaron que los fragmentos de la cadena pesada de miosina muestran una correlación negativa (-0.54) con WB-esfuerzo de corte ($p<0.05$). La cadena ligera de miosina II está positivamente relacionada (0.59) con el mismo parámetro. El hecho de que la actina y la miosina de cadena pesada sean las proteínas estructurales más abundantes (20% y 45%, respectivamente) implica que cualquier degradación postmortem de éstas no puede ser excluida como parte del debilitamiento de la red miofibrilar, lo que sin duda influiría en la textura de la carne.

9. Conclusión

En los cambios fisicoquímicos y sensoriales, se observó que el esfuerzo al corte está relacionado con los parámetros sensoriales de textura, tanto para carne cruda como para carne a la parrilla. Asimismo, las variables de actividad de las proteasas ácidas, WB-esfuerzo de corte para carne a la parrilla, dureza sensorial en carne a la parrilla, masticabilidad, suavidad manual y dureza-TPA para carne cruda están correlacionadas positivamente.

La desmina, vinculina y miosina tuvieron una alta correlación con el esfuerzo de corte, y la miosina con la actividad de las proteasas neutras y ácidas, dureza a la parrilla, masticabilidad y suavidad manual.

En cuanto al color, la carne podrá ser almacenada durante 14 días sin cambios significativos, ya que los panelistas no observaron cambios en él, la mioglobina podrá ser usada como marcador de color.

La intensidad de flavor a ovino para carne cruda no cambió y hay una tendencia de correlación con los péptidos expresados en equivalentes de citocromo-*c*.

10. Perspectivas

1. Realizar una prueba de intervalo con escala estructura con estándares para el flavor a ovino durante los días de almacenamiento, lo que daría información para reconocer diferentes intensidades, aún siendo pequeña en sólo este atributo
2. Medir actividad de las proteasas específicas: caspasas, calpaínas y catepsinas.
3. Purificar los péptidos secuenciados para posteriormente en una mezcla a diferentes concentraciones proporcionarlos a un panel entrenado, para corroborar el flavor a carne.
4. Comparar todas las manchas obtenidas del gel bidimensional para identificar todas o la mayoría de las proteínas que cambian durante el almacenamiento, correlacionándolas con parámetros sensoriales o fisicoquímicos deseables por la industria o el consumidor, y secuenciar estas proteínas.
5. Partiendo de estas manchas se tendrán marcadores que permitirían desarrollar biochips para cuantificar una o varias proteínas. Igualmente, se podrían crear pruebas rápidas, conocidas como dipstick, para se utilizadas en la línea de proceso.
6. Analizar los lípidos de la carne de ovino: composición y cambios, ya que su deterioro afecta al flavor y color de la carne, entre otras características sensoriales y fisicoquímicas.

11. Bibliografía

- Abdi, H. y Valentin, D. 2007. Multiple Correspondence Analysis. En: Encyclopedia of Measurement and Statistics. Ed. Salkind, N. J. Sage, Thousand Oaks, California. pp: 651-657.
- Aldape, B. L. M. 2006. Desarrollo de una metodología sensorial para evaluar pungencia en la capsaicina y dihidrocapsaicina en solución. Tesis de licenciatura. Facultad de Química UNAM.
- Alderton, A. L., Faustman, C., Liebler, D. C. y Hill, D. W. 2003. Induction of redox instability of bovine myoglobin by adduction with 4-hydroxy-2-nonenal. *Biochemistry* 42: 4398-4405.
- Anson, M. 1938. The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin. *The Journal of General Physiology*. 22: 79-89.
- ASTM Intl. 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. STP758. Philadelphia, E.U.A.
- Aubes-Dufau, I., Seris, J. y Combes, D. 1995. Production of peptic hemoglobin hydrolysates: bitterness demonstration y characterization. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 43: 1982-1988.
- Bandman, E. y Zdanis, D. 1988. An immunological method to assess protein degradation in postmortem muscle. *Meat Science*. 22: 1-19.
- Barrett, A. J. 1987. The cystatins; a new class of peptidase inhibitors. *Trend in Biochemical Science*. 12: 193-196.
- Bartoshuk, L. 1978. History of taste research. En: Hand book of perception. IVA. Tasting and Smelling. Carterette E. C. y Friedman, M. P. Academic. Nueva York. E.U.A. pp 2-18.
- Begonya, M., Kerry, J. P., Mullen, A. M. 2010. High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators. *Meat Science*. 85: 115-120.
- Belitz, H. D., Grosch, W. y Schieberle, P. 2009. Meat, En: Food Chemistry, ed. by Springer, Germany, pp. 574-576.
- Berry, F. W. y Leddy, K. F. 1984. Effects of fat level and cooking method on sensory and textural properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*. 49: 870-875.
- Bosshard, H. R., Marti, D. N. y Jelesarov, I. 2004. Review: Protein stabilization by salt bridges: concepts, experimental approaches and clarification of some misunderstandings. *Journal of Molecular Recognition*. 17: 1-16.
- Bourne, M. C. 2002. Food Texture and Viscosity; Concept and Measurement. 2nda edi. Edit. Academic Press, Londres, Reino Unido. pp. 257-290.
- Bowers, L. J., Dikeman, M. E., Murray, L. y Stroda, S. L. 2012. Cooked yields, color, tenderness, and sensory traits of beef roasts cooked in an oven with steam generation versus a commercial convection oven to different endpoint temperatures. *Meat Science*. 92(2): 97-106.
- Bras, M., Queenan, B. y Susin, S. A. 2005. Programmed cell death via mitochondria: different modes of dying. *Biochemistry*. 70: 231-239.

- Bremel, R. D. y Weber, A. 1972. Cooperation within actin filament in vertebrate skeletal muscle changes in proteins and tenderness of meat. *Nature New Biology*. 238: 97-101.
- BS ISO 13299. 2003. ISO, Sensory analysis-Methodology-General guidance for establishing a sensory profile.
- Caballero, B., Sierra, V., Oliván, M., Vega-Naredo, I., Tomás-Zapico, C., Álvarez-García, O., Tolivia, D., Hardeland, R., Rodríguez-Colunga, M. J. y Coto-Montes, A. 2007. Activity of cathepsins during beef aging related to mutations in the myostatingene. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87: 192-199.
- Cain, W. S. y Stevens, J. C. 1989. Uniformity of olfactory loss in ageing. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 561: 29-38.
- Cartier, R., Rytz, A., Lecomte, A., Poblet, E. F., Krystlik, J., Belin, E. y Martin, N. 2006. Sorting procedures as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map. *Journal of Food Quality and Preference*. 17(7-8): 562-571.
- Casey, N. H. 1994. Carcass growth characteristics of four South African sheep breeds and the Boer goat. Tesis de Maestría, University of Natal, Sudáfrica.
- Cheng, C. S. y Parrish, Jr F. C. 1976. Scanning electron microscopy of bovine muscle: effect of heating on ultrastructure. *Journal of Food Science*. 41(6): 1449-1454.
- Civille, G. V y Liska I. H. 1975. Modifications and applications to foods of the general foods sensory texture profile technique. *Journal of Texture Study*. 12: 19-31.
- Claeys, E., De Smet, S., Balcaen, A., Raes, K. y Demeyer, D. 2004. Quantification of fresh meat peptide by SDS-PAGE in relation to ageing time and taste intensity. *Meat Science*. 67: 281-288.
- Claus, J., Colby, J. y Flick, G. 1994. Processed meats/poultry/seafood. Cap. 5. En: *Muscle Foods, meat, poultry and seafood technology*. Kinsman, D., Kotula, A. y Breidenstein, B. Chapman y Hall. Nueva York, E. U. A. 109.
- Combes, S., Larzul, C., Jehl, N., Cauquil, L., Gabinaud, B., y Lebas, F. 2007. Ability of physico-chemical measurements to discriminate rabbit meat from three different productive processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87: 2302-2309.
- Cornforth, D. P. y Jayasingh, P. 2004. Chemical and physical characteristics of meat/Color and Pigment. En: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Edit. Jensen, W. K., Devine, C. y Dikeman, M. Elsevier Science. Oxford, Inglaterra. 1: 249-256.
- Creagh, E. M. y Martin, S. J. 2001. Caspases: cellular demolition experts. *Biochemical Society Transactions*. 29: 696-702.
- Damodaran, S. 2000. Aminoácidos, péptidos y proteínas. En: *Química de los alimentos*. Edit. Owen Fennema. edit. Acribia. Zaragoza, España. pp 383-390.
- Dan, Y., Wang, Z. y Xu, S. 2008. Methods for extracting the taste compounds from water soluble extract of Jinhua ham. *European Food Research and Technology*. 228: 93-102.

- De-Maw, C., Christopher, H., Senatorov, y Vladimir, V. 2005. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, apoptosis, and neurodegenerative diseases. *Annual Review of Pharmacology*. 45: S. 269-290.
- Devine, C. E., Graafhuis, A. E., Muir, P. D. y Chrystall, B. B. 1993. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*. 35: 63-77.
- Dooley, L., Lee, Y. y Meullenet, J. F. 2010. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. *Food Quality and Preference*. 21: 394-401.
- Drake, M. A., McIngvale, S. C., Gerard, P. D., Cadwallader, K. R. y Civille, G. V. 2001. Development of a descriptive language for Cheddar cheese. *Journal of Food Science*. 66: 1422-1427.
- Dransfield, E. 1981. Eating quality of DFD beef. *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*. 10: 344-361.
- Dransfield, E., Nute, G. R. Hogg, B. W. y Walters, B. R. 1990. Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Animal Production*. 50: 291-299.
- Dubin, G. 2005. Proteinaceous cysteine protease inhibitors. *Cellular and Molecular and Life Science*. 62: 653-669.
- Dublán, G. O., Cruz, C. R., Guerrero, L. I. y Ponce, A. E. 2006. Effect of refrigerated storage on proteolytic activity and physicochemical and microstructural properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) mantle muscle. *Journal of Muscle Foods*. 17: 291-310.
- Elisabeth Huff-Lonergan. 2010. Capítulo 1: Chemistry and Biochemistry of Meat. En: *Handbook of Meat Processing*. Edi. Fidel Toldrá. Edit. Wiley Blackwell, Iowa, EUA. pp 7-24.
- Elmore, J. S., Mottram, D. S. y Enser, M. 1999. Effect of the poly-unsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 1619-1625.
- Ervasti, J. M. 2003. Costameres: the Achilles' heel of herculean muscle. *The Journal of Biological Chemistry*. 278 (16): 13591-13594.
- Esterbauer, H., Schaur, R. J. y Zollner, H. 1991. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malondialdehyde and related aldehydes. *Free Radical Biology y Medicine* 11: 81-128.
- Etherington. 1991. Enzymes in the meat industry. En: *Enzymes in Food Processing*. Edit. Tucker, G. A. y Woods, L.F. p 128-167.
- FAO 2013 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura). http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#DOWNLOAD

- Faustman, C., Liebler, D. C., McClure, T. D. y Sun, Q. 1999. α - β -Unsaturated aldehydes accelerate oxymyoglobin oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 3140-3144.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., y Suman, S. P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*: 86(1): 86-94.
- Field, A. 2009. *Discovering statistics using SPSS*. Sage: Londres, pp 79.
- Flores, M., Aristoy, M. C. y Toldrá, F. 1996. Biogenic polyamines affect activity of aminopeptidase b and alanyl aminopeptidase from porcine skeletal muscle. *Journal of Food Science*. 61(1): 13-14.
- Flores, M., Moya, V. J., Aristoy, M. C. y Toldrá, F. 2000. Nitrogen compounds as potential biochemical markers of pork meat quality. *Food Chemistry*. 69: 371-377.
- Fraterman, S., Zeiger, U., Khurana, T. S., Wilm, M. y Rubinstein, N. A. 2007. Quantitative proteomic profiling of sarcomere associated proteins in limb and extraocular muscle allotypes. *Molecular and Cellular Proteomics*. 6: 724-737
- Gao M. y Karin, M. 2005. Regulating the regulators: control of protein ubiquitination and ubiquitin-like modifications by extracellular stimuli. *Molecular Cell*. 19(5): 581-593.
- Geesink, G. y Koohmaraie, M. 1999. Post-mortem proteolysis and calpain/ calpastatin activity in callipyge and normal lamb biceps femoris during extended post-mortem storage. *Journal of Animal Science*. 77: 1490-1501.
- Geesink, G., Sujang, S. y Koohmaraie, M. 2001. Tenderness of pre- and post-rigor lamb longissimus muscle. *Meat Science*. 88: 723-726.
- Gil, M., Ramírez, A., Pla, M., Ariño, B., Hernández, P., Pascual, M., Blasco, A., Guerrero, L., Hajós, G., Szerdahelyi, E. N. y Oliver, M. A. 2006. Effect of selection for growth rate on the ageing of myofibrils, the meat texture properties and the muscle proteolytic potential of longissimus from two groups of rabbits. *Meat Science*. 72: 121-129.
- Gill, I., López-Fandiño, R., Jorba, X. y Vulfson, E. V. 1996. Biologically active peptides and enzymatic approaches to their production. *Enzyme and Microbial Technology*. 18: 162-183.
- Gillete, M. 1984. Applications of descriptive analysis. *Journal of Food Protection*. 47: 403-409.
- Glaser, P. E. y Gross, R. W. 1995. Rapid plasmenylethanolamine-selective fusion of membrane bilayers catalyzed by an isoform of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase-discrimination between glycolytic and fusogenic roles of individual isoforms. *Biochemistry* 34: 12193-203.
- González-Rios, H., Peña-Ramos, A., Valenzuela, M., Zamorano-García, L., Cumplido-Barbeitia, G.,
- Gordon, A. M., Homsher, E. y Regnier, M. 2000. Regulation of contraction in striated muscle. *Physiological Reviews*. 80: 853-924.
- Gornall, A. J., Bardawill, C. J., David, M. M., 1949. Determination of serum proteins by means of biuret reaction. *J. Biol. Chem*. 177, 751-766.
- Green, B. G y Lawless, H. T. 1991. The psychophysics of some to sensory chemoreception in the nose and mouth. En: *Smell and Taste in Health and Disease*. Getchell, T. V., Doty, R. L., Bartosbuk, L. M. y Snow, J. B. Raven Nueva York. 235-253.

- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. y Tatham, R. L. 2006. Multivariate data analysis. Sexta ed. Nueva Jersey: Pearson International.
- Hamelin, M., Sayd, T., Chambon, C., Bouix, J., Bibé, B., Milenkovic, D., Leveziel, H., Georges, M., Clop, A., Marinova, P. y Laville, E. 2006. Proteomic analysis of ovine muscle hypertrophy. *Journal of Animal Science*. 84: 3266–3276.
- Hernández, M. C. 2006. Influencia de los capsaicinoides en la percepción de gustos básicos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM.
- Hollung, K., Veiseth, E., Jia, X., Mosleth Færgestad, E. e Hildrum, K. I. 2007. Application of proteomics to understand the molecular mechanisms. *Meat Science* 77: 97-104
- Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R. y Roncales, P. 1986. Sarcomere shortening of prerigor muscle and its influence on drip loss. *Meat Science*. 16: 267-282.
- Hovenier, R., Kanis, E. y Verhoeven, J. A. M. 1993. Repeatability of taste panel tenderness scores and their relationships to objective pig meat quality traits. *Journal of Animal Science*. 71: 2019-2025.
- Huff Lonergan, E., Zhang, W. y Lonergan, S. M. 2010. Biochemistry of postmortem muscle-lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*. 86(1):184-195.
- Huff-Lonergan, E., Mitsushashi, T., Beekman, D. D., Parrish, F. C. J., Olson, D. G., Robson R. M. 1996b. Proteolysis of specific muscle structural proteins by mu-calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. *Journal of Animal Science* 74: 993-1008.
- Huff-Lonergan, E., Mitsushashi, T., Parrish, F. C. y Robson Jr., R. M. 1996a. Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis and western blotting comparisons of purified myofibrils and whole muscle preparations for evaluating titin and nebulin in postmortem bovine muscle. *Journal of Animal Science*. 74: 779-785.
- Huitorel, P. y Pantaloni, D. 1985. Bundling of microtubules by glyceraldehyde-3-phosphate hydrogenase and its modulation by ATP. *European Journal of Biochemistry*. 150: 265-269.
- Hunt, M. y King, A. 2012. Section VIII Instrumental meat color measurement. En: *AMSA Meat Color Measurement Guidelines*. Champaign, Illinois. pp: 45-52.
- Hunter, E. A. y McEwan, J. A. 1998. Evaluation of an international ring trial for sensory profiling of hard cheese. *Food Quality and Preference*. 9 (5): 343-354.
- Hwang, I. H., Park, B. Y., Kim J. H., Cho, S. H., Lee J. M. 2005. Assessment of postmortem proteolysis by gel-based proteome analysis and its relationship to meat quality traits in pig *longissimus*. *Meat Science*. 69: 79-91.
- Immonen, K., Ruusunen, M. y Puolanne E. 2000. Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science*. 55: 33-38.
- Ishitani, R., Sunaga, K., Tanaka, M., Aishita, H. y Chuang, D. M. 1997. Over-expression of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase is involved in low K⁺-induced apoptosis, but not necrosis, of cultured cerebellar granule cells. *Molecular Pharmacology*. 51: 542-50.
- ISO 4120. 2004. ISO, Sensory analysis -Methodology-Triangle test

ISO 5492(E/F). 1992. ISO, Sensory analysis-Vocabulary.

Iwanowska, A, Iwańska, E., Grześ, B., Mikołajczak, B., Pospiech E., Rosochacki, S. J., Juszczuk-Kubiak, E. y Łyczyński, A. 2010. Changes in proteins and tenderness of meat from young bulls of four breeds at three ages over 10 days of cold storage. *Animal Science Papers and Reports*. 28(1): 13-25.

Jardón, S. 2006. Estudio del efecto de la capsaicina en la textura en geles. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM.

Jensen, P. E., Haldrup, A., Zhang, S. y Scheller, H. V. 2004. The PSI-O subunit of plant photosystem I is involved in balancing the excitation pressure between the two photosystems. *The Journal of Biological Chemistry*. 279: 24212-24127.

Jeong, D. W., Choi, Y. M., Lee, S. H., Choe, J. H., Hong, K. C., Park, H. C. y Kim, B. C. 2010. Correlations of trained panel sensory values of cooked pork with fatty acid composition, muscle fiber type, and pork quality characteristics in Berkshire pigs. *Meat Science*. 86(3): 607-615.

Jeremiah, L. E., Smith, G. C. y Carpenter, Z. L. 1972. Ovine yield grades II. Palatability attributes within various quality grades. *Journal of Animal Science*. 34 (2): 197-202.

Joo, S. T., Kaufman, R. C., Kim, B. C. y Park, G. B. 1999. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine *longissimus* muscle. *Meat Science*. 52: 291-97.

Kemp, C. M. y Parr, T. 2012. Review: Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderization. *Meat Science*. 92: 252–259.

Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J. y Parr, T. 2010. Tenderness- An enzymatic view. *Meat Science*. 84: 248-256.

Kimura, J., Shimizu, A., Kimizuka, A., Ninomiya, T. y Katsuya, N. 1969. The contribution of peptides and amino acids to the taste of foodstuffs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 17: 689-695.

Koohmaraie, M., 1994. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*. 36: 93-104.

Koohmaraie, M., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Lonergan, S. M. y Doumit, M. E. 1995. A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): characterization of effects on muscle growth and meat quality traits. *Journal of Animal Science*. 73: 3596-3607.

Kragten, E., Lalande, I., Zimmermann, K., Roggo, S. y Schindler, P. 1998. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, the putative target of the antiapoptotic compounds CGP 3466 and R-(-)-deprenyl. *The Journal of Biological Chemistry*. 273: 5821-28.

Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227(5259): 680-685.

Lametsch, R., Karlsson, A., Rosenvold, K., Andersen, H. J., Roepstorff, P. y Bendixen, E. 2003. Postmortem proteome changes of porcine muscle related to tenderness. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51(24): 6992-6997.

Lametsch, R., Roespstoff, P. y Bendixen, E. 2002. Identification of protein degradation during post-mortem storage of pig meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50: 5508-5512.

- Lars-Kristensen y Purslow, P. 2001. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Science*. 58 (1):17-23.
- Laville, E., Sayd, T., Morzel, M., Blinet, S., Chambon, C., Lepetit, J., Renand, G. y Hocquette, F. 2009. Proteome changes during meat aging in tough and tender beef suggest the importance of apoptosis and protein solubility for beef aging and tenderization. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 57: 10755-10764.
- Lawless, H. y Heymann, H. 2010. *Sensory evaluation of food, principles and practices*. 2 ed. Springer. Nueva York, E.U.A.
- Lawless, H. y Zwillenberg, D. 1983. Clinical methods for testing taste and olfaction. *Transactions of the Pennsylvania Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*. pp.190-196.
- Lawrie, R. A. 1998. The structure and growth of muscle. En: *Meat Science*, 6^a ed. Woodhead Publishing, EUA, pp 336-340.
- Lazarides, E. 1980. Intermediate filaments-chemical heterogeneity in differentiation. *Cell*. 23(3): 649-650.
- Lê S., Pagès, J. y Husson, F. 2008. Methodology for the comparison of sensory profiles provided by several panels: application to a cross-cultural study. *Food Quality and Preference*. 18(7): 179-184.
- Lee, M. S., Apple, J. K., Yancey, J. W. S., Sawyer, J. y Johnson, Z. B. 2008. Influence of vacuum-aging period on bloom development of the beef gluteus medius from top sirloin butts. *Meat Science*. 80(3): 592-598.
- Leichter, L. I. y Jakob, U. 2004. Protein thiol modifications visualized in vivo. *PLOS Biology*. 2: 1723-1737.
- Levy, M. J., Livingston, D. J., Criddle, R. S. y Brown, W. D. 1985. Isolation and characterization of metmyoglobin reductase from yellow-fin tuna (*Thunnus albacares*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. B81: 809-814.
- Lyon, B. G. y Lyon, C. E. 2002. Color of uncooked and cooked broiler leg quarters associated with chilling temperature and holding time. *Poultry Science*. 81(12): 1916-1920.
- Maga, J. A. 1987. Organeleptic properties of umami substances. En: *Umami: a basic taste*. Eds. Y. Kawamura y Kare, M. R. Mercel Dekker, Nueva York. Pp. 255-269.
- McCormick, R. J. 1994. The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*. 36:79-89.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. y Carr, B. T. 1999. Determining thresholds, En: *Sensory evaluation techniques*. CRC Press, Florida. E.U.A. pp.100-184.
- Melody, J.L., Lonergan, S.M., Rowe, L.J., Huiatt, T.W., Mayes, M.S. y Huff-Lonergan, E. 2004. Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of Animal Science*. 82(4): 1195-1205.
- Meyer-Siegler, K., Mauro, D. J., Seal, G., Wurzer, J., Deriel, J. K. y Sirove, M. J. 1991. A human nuclear uracil DNA glycosylase is the 37-kDa subunit of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase. *Biochemistry*. 88: 8460-8464.

- Mohammad, A. Ilian., Alaa El-Din, B. y Bickerstaffe, R. 2004. Does the newly discovered calpain 10 play a role in meat tenderization during post-mortem storage?. *Meat Science* 66: 387-397.
- Moio, L., Langlois, D., Etievant, P. y Addeo, F. 1993. Powerful odorant in water buffalo and bovine mozzarella cheese by use of extract dilution sniffing analysis. *Italian Journal of Food Science*. 3:227-237.
- Montowska, M. y Pospiech, E. 2011. Differences in two-dimensional gel electrophoresis patterns of skeletal muscle myosin light chain isoforms between *Bos taurus*, *Sus scrofa* and selected poultry species. *Journal of Science and Food Agriculture*. 91: 2449-2456.
- Morand, E. y Pagés, J. 2006. Procrustes multiple factor analysis to analyse the overall perception of food products. *Food Quality and Preference*. 17: 36-42.
- Morzell, M., Chambon, C., Hamelin, M., Sante-Lhoutellier, V., Sayd, T. y Monin, G. 2004. Proteome changes during pork meat ageing following use of two different pre-slaughter handling procedures. *Meat Science*. 67: 689-696.
- Mottram, D. S. 1998. The chemistry of meat flavour. En: *Flavor of Meat and Meat Products and Sea Food*. F. Shahidi. Blackie Academic and Professional. Nueva York, E.U.A.
- Muñoz, A. M. y Civille, G.V. 1998. Universal, product and attribute specific scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. *Journal of Sensory Studies*. 13: 57-75.
- Muroya, S., Ertbjerg, P., Pomponio, L. y Christensen, M. 2010. Desmin and troponin T are degraded faster in type IIB muscle fibers than in type I fibers during postmortem aging of porcine muscle. *Meat Science*. 86(3): 764-769.
- Muroya, S., Ohnishi-Kameyama, M., Oe, M., Nakajima, I., Shibata, M. y Chikuni, K. 2007. Double phosphorylation of the myosin regulatory light chain during rigor mortis of bovine *longissimus* muscle. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 55:3998-4004.
- Murphy, M. A. y Zerby, H. N. 2004. Prerigor infusion of lamb with sodium chloride, phosphate and dextrose solutions to improve tenderness. *Meat Science*. 66: 343-349.
- Murray, J. M., Delahunty, C. M. y Baxter, I. A. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*. 34: 461-471.
- Nagaraj, N. S., Anilakumar, K. R. y Santhanam, K. 2002. Changes in the calpain-calpastatin and cathepsin (B, B+L, H and D) during postmortem storage of goat muscles. *Journal of Food Biochemistry*. 26: 75-89.
- Nam, K. C. y Ahn, D. U. 2002. Carbon monoxide-hemepigment complexes are responsible for the pink color in irradiated raw turkey breast meat. *Meat Science*. 60(1): 25-33.
- Nelson, W. J. y Traub, P. 1982. Purification and further characterization of the Ca²⁺-activated proteinase specific for the intermediate filament proteins vimentin and desmin. *The Journal of Biological Chemistry*. 257(10): 5544-53.
- Nestrud, M. A. y Lawless, H. T. 2008. Perceptual mapping of citrus juices using projective mapping and profiling data from culinary professionals and consumers. *Food Quality and Preference*. 19(4): 431-438.

- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. 2010. Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat Science*. 85, 82-88.
- Nishimura, T. y Kato, H. 1988. Taste of free amino acids and peptides. *Food Reviews International*. 4(2): 175-194.
- Noguchi, M., Yamashita, M., Arai, S. y Fujimaki, M. 1975. On the bitter-masking activity of a glutamic acid-rich oligopeptide fraction. *Journal of Food Science*. 40: 367-369.
- O'Halloran, G. R., Troy, D. J., Buckley, D. J. y Reville, W. J. 1997. The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. *Meat Science*. 47:187-210.
- OECD-FAO. Agricultural Outlook 2013-2022. Meta Data: OECD-FAO Agricultural Outlook 2013-2022, country by country. <http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?QueryId=48183&vh=0000&vf=0&l=&il=&lang=en>
- Offer, G. y Knight, P. 1988. The structural basis of water-holding capacity in meat. Part 1: general principles and water uptake in meat processing. En: *Developments in meat science* Lawrie, R., Elsevier Applied Science. Nueva York, E.U.A. Vol. 4. pp. 61-171.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, R. y Purslow, P. 1989. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*. 8: 151-170.
- Ouali, A., Herrera, C., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L. y Sentandreu, M. 2006. Revising the conversion of muscle into meat and the underlying mechanism. *Meat Science* 74: 44-58.
- Pagès, J. 2004. Multiple Factor Analysis: main features and application to sensory data. *Revista Colombiana de Estadística*. 27(1): 1-26.
- Palka, K. 2003. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat Science*. 64: 191-198.
- Pérez, A. J. 2000. Color. Cap. 6. En: *Ciencia y tecnología de carnes*. Hui, Y.H., Guerrero, L. I y Rosmini, M. Edit. Limusa. México, D.F. 166.
- Pérez, J. M., Flores, M. y Toldrá, F. 2006. Model Studies on the efficacy of protein homogenates from raw pork muscle and dry-cured ham in binding selected flavor compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54: 4802-4808.
- Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A. y Stempel, K. E. 1972 Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*. 11(14): 2627-2633.
- Piot, J. M., Zhao, Q., Guillochon, D., Ricart, G. y Thomas, D. 1992. Isolation and characterization of two opioid peptides from a bovine hemoglobin peptic hydrolysate. *Biochemical and Biophysical Research Communication*. 89: 101-110.
- Platter, W. J., Tatum, J. D., Belk, K. E., Scanga, J. A. y Smith, G. C. 2003. Effects of repetitive use of hormonal implants on beef carcass quality, tenderness, and consumer ratings of beef palatability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 81: 984-996.

- Ponce-Alquicira, E. 2007. Flavor of fresh and frozen poultry. Sección XV: Poultry products. En: Handbook and food products manufacturing. Ed. Hui, H.Y. John Wiley & Sons. Nueva Jersey, E.U.A. pp 787-788.
- Purslow, P., Morrison, H. y Mielche, M. 1997. Are there intermediate filament proteins involved in determining meat quality? En: Proceedings 43rd International Congress of Meat Science and Technology, Auckland, Nueva Zelanda. p 598.
- Reddy, S., Jones, A. D., Cross, C. E., Wong, P. S. Y. y van der Vlet, A. 2000. Inactivation of creatine kinase by S-glutathionylation of the active site cystein residue. *The Journal of Biochemistry*. 347: 821-827.
- Reggiani, C., Bottinelli, R. y Stienen, G. J. M. 2000. Sarcomeric myosin isoforms: fine tuning of a molecular motor. *News Physiology Science* 15: 26-33.
- Remignon, H., Molette, C., Babile, R. y Fernandez, X. 2005. Current advances in proteomic analysis and its use for the resolution of poultry meat quality problems. The XVIIth European Symposium on the Quality of Poultry Meat. Doorwerth, Holanda. pp 23-26.
- Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P. y Lepetit, J. 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*. 59(1): 49-60.
- Revilla, I., Lurueña -Martínez, M. A., Blanco-López, M. A., Vivar-Quintana, A. M., Palacios, C. y Severiano-Pérez, P. 2009. Comparison of the sensory characteristics of suckling lamb meat: organic vs conventional production. *Czech Journal of Food Science*. 27:267-270.
- Robbins, A. R., Ward, R. D. y Oliver, C. 1995. A mutation in glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase alters endocytosis in CHO cells. *The Journal of Cell Biology*. 130:1093-104.
- Robson, R. M., Huff-Lonergan, E., Parrish, F. C., Ho, C. Y., Stromer, M. H. y Huiatt, T. W. 1997. Postmortem changes in the myofibrillar and other cytoskeletal proteins in muscle. En: Reciprocal meat conference. Vol. 50. pp. 43-52.
- Robson, R. M., Huiatt, T. W. y Bellin, R. M. 2004. Muscle intermediate filament proteins. *Methods in Cell Biology*. 78: 519-553.
- Rochdi, A., Bonnet, M. y Kopp, J. 1985. Denaturation of molecular collagen during the heating: incidence of the restraint of the fibers on the shrinkage and the denaturation degree. *Sciences des Aliments*. 5(5): 293-298.
- Rogalla, T., Ehrnsperger, M., Preville, X., Kotlyarov, A., Lutsch, G., Ducasse, C., Paul, C., Wieske, M., Arrigo, A.P., Buchner, J. y Gaestel, M. 1999. Regulation of hsp27 oligomerization, chaperone function, and protective activity against oxidative stress/tumor necrosis factor R by phosphorylation. *The Journal of Biological Chemistry*. 274: 18947-18956.
- Rousset-Akrim, S., Young, O. A y Berdagué, J. L. 1997. Diet and growth effects in panel assessment of sheep meat odour and flavor. *Meat Science*. 45: 169-181.
- Rowe, L. J., Maddock, K. R., Lonergan, S. M. y Huff-Lonergan, E. 2004. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. *Journal of Animal Science*. 82(3): 785-793.

Ruiz de Huidobro, F., Cañeque, V., Onega, E. y Velasco, S. 2000. Morfología de la canal ovina. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA. Madrid, España. pp 83-102.

Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Onega, E. y Blázquez, B. 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days postmortem. *Meat Science*. 62:1439-1446.

Ruiz, J., Ventanas, J., Cava, R., Andrés, A. y García, C. 1999. Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process. *Meat Science*. 52: 19-27.

SAGARPA 2012. Programa Nacional Pecuario 2007-2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Programa%20Nacional%20Pecuario/Attachments/1/PNP260907.pdf>

Salinas, J. E. 2009. Perfil sensorial de carne de diferentes razas ovinas criadas en la zona centro de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM.

Sammel, L. M., Hunt, M. C., Kropf, D. H., Hachmeister, K. A. y Johnson, D. E. 2002. Comparison of assays for reducing ability in beef inside and outside semimembranosus muscle. *Journal of Food Science*. 67: 978-984.

Sañudo, C., Alfonso, M., Sánchez, A., Berge, P., Dransfield, E., Zygoiannis, D., Tamataris, C., Thorkelsson, G., Valdimarsdottir, T., Piasentier, E., Mills, C., Nute, G. R. y Fisher, A. 2003. Meat texture of lambs from different European production systems. *Australian Journal of Agricultural Research*. 54: 551-560.

Sañudo, C., Nute, G. R., Campo, M. M., Maria, G., Baker, A., Sierra, I., Enser, M. E. y Wood, J. D. 1998. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Science*. 48: 91-100.

Sañudo, C., Santolaria, M. P., María, G., Osorio, M. y Sierra, I. 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. *Meat Science*. 42(2): 195-202.

Sayd, T., Sayd T, Morzel M, Chambon C, Franck M, Figwer P, Larzul C, Le Roy P, Monin G, Chérel P, Laville E. 2006. Proteome analysis of the sarcoplasmic fraction of pig semimembranosus muscle: implications on meat color development. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54(7): 2732-2737.

Schägger, H. y von Jagow, G. 1987. Tricine-sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the range from 1 to 100 kDa. *Analytical Biochemistry*. 166: 368-379.

Schilling, M., Claus, J., Marriot, N., Solomon, M., Eigel, W. y Wang, H. 2002. No effect of hydrodynamic shock wave on protein functionality of beef muscle. *Journal of Food Science*. 67: 335-340.

Sentandreu, M. A., Coulis, G. y Ouali, A. 2002. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology*. 13: 400-421.

- Severiano-Pérez, P. 2002. Desarrollo de la metodología de análisis sensorial e instrumental para la evaluación de la textura: aplicación en salchichas cocidas. Tesis de Doctorado. Universidad de Burgos. España.
- Severiano-Pérez, P., Cadena-Aguilar, A.A., Vargas-Chanes, D. y Guevara-Guzmán, R. 2012. Questionnaire on mexicans' familiarity with odor names. *Journal of Sensory Studies*. 27(4): 277-285.
- Severiano-Pérez, P., Vivar-Quintana, A. M. y Revilla, I. 2006. Determination and evaluation of the parameters affecting the choice of veal meat of the "Ternera de Aliste" quality appellation. *Meat Science*. 73: 491-497.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México). 2012 http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=362
- Sierra, V., Fernández-Suárez, V., Castro, P., Koldo, O., Vega-Naredo, I. y García-Macía, M. 2012. Identification of biomarkers of meat tenderisation and its use for early classification of Asturian beef into fast and late tenderizing meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92 (13): 2727-2740.
- Silva, J. A., Patarata, L. y Martins, C. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*. 52: 453-459.
- Spanier, A. M., Flores, M., Toldrá, F., Aristoy, M. C., Karen, L., Bystricky, P. y Bland, J. M. 2004. Meat Flavor: contribution of proteins and peptides to the flavor of beef. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 542: 33-49.
- Stevens, J. C., Cruz, L. A, Hoffman, J. M. y Patterson, M. Q. 1995. Taste sensitivity and ageing: high incidence of decline revealed by repeated threshold measures. *Chemical Senses*. 20 (4): 451-459.
- Stone, H. y Sidel, J. 1993. *Sensory evaluation practices*. 2d ed. Academic, San Diego, E.U.A.
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. y Songleton, R. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*. 28: 24-33.
- Suman, S. P., Faustman, C., Stamer, S. L. y Liebler, D. C. 2007. Proteomics of lipid oxidation-induced oxidation in porcine and bovine oxymyoglobins. *Proteomics*. 7: 628-640.
- Surmacka-Szczesniak, A. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. 13:215-225.
- Suyama, M., y Shimizu, T. 1982. Buffering capacity and taste of carnosine and its methylated compounds. *Nippon Suisan Gakukaishi (in Japanese)*. 48: 89-95.
- Szczesna, D., Jones, M., Zhao, J., Zhu, G., Stull, J. T. y Potter, J. D. 2002. Phosphorylation of the regulatory light chains of myosin affects Ca²⁺ sensitivity of skeletal muscle contraction. *Journal of Applied Physiology*. 92: 1661-1670.
- Szczesniak, A. 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*. 28: 383-389.
- Szczesniak, A. 1975. General Foods texture profile revisited-ten years perspective. *Journal of Texture Studies*. 6: 5-17.

- Tamura, M., Nakatsuka, T., Tada, M., Kawasaki, Y.; Kikuchi, E. y Okai, H. 1989. The relationship between taste and primary structure of "delicious peptide" (Lys-Gly-Asp-Glu-Glu-Ser-Leu-Ala) from beef stew". *Agricultural and Biological Chemistry*. 53 (2): 319-323.
- Tang, J., Faustman, C., Hoagland, T. A., Mancini, R. A., Seyfert, M. y Hunt, M. C. 2005a. Postmortem oxygen consumption by mitochondria and its effect on myoglobin form and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:1223–1230.
- Taylor, R. G., Geesink, G. H., Thompson, V. F., Koohmaraie, M. y Goll, D. E. 1995. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization?. *Journal of Animal Science*. 21: 1351-1367
- Teerling, A., Köster, E. P. y van Nispen, V. 1995. Early childhood experiences and future preferences. *Chemical Senses*. 20: 103.
- Teixeira, A., Batista, S. Delfa, R. y Cadavez, V. 2005. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science*. 71: 530-536.
- Tejeda, J., Peña, R. y Andrés, A. 2008. Effect of live weight and sex on physic-chemical and sensorial characteristics of Merino lamb meat. *Meat Science*. 80: 1061-1067.
- Thompson, J. 2002. Managing meat tenderness. *Meat Science*. 62: 295-308.
- Toldrá, F. y Flores, M. 2007. Processed pork meat flavors. En: *Handbook of Food Product Manufacturing*. Vol. 2. Edi. Hui, Y. H., Chandan, R., Clark, S., Cross, N., Dobbs, J., Hurst, J. W. Nollet, M. L., Shimoni, E., Sinha, N., Smith, E. B., Surapat, S., Titchenal, A. y Toldrá, F. Hoboken, NJ: John Wiley Interscience of NY. pp: 279–299.
- Tomisaka, Y., Ahhmed, A. M., Tabata, S., Kawahara, S. y Muguruma, A. 2010. Changes in water-holding capacity and textural properties of chicken gizzard stored at 4°C. *Journal of Animal Science*. 81: 362-368.
- Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*. 70(3): 493-508.
- Tskhovrebova, L. y Trinick, J. 2010. Review article: Roles of titin in the structure and elasticity of the sarcomere. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. ID 612482. doi:10.1155/2010/612482.
- Uneyama, H., Kawai, M., Sekine-Hayakawa, Y. y Tori, Y. 2009. Mini-Review: Contribution of umami taste substances in human salivation during meal. *The Journal of Medical Investigation*. 56: 198-204.
- van de Wiel, D. F. M. y Zhang, W. L. 2007. Identification of pork quality parameters by proteomics. *Meat Science*. 77: 46-54.
- van Wassenaar, P., Andre, H. A., van den Oord., W. y Schaapert, M. M. 1995. Taste of "Delicious" beefy meaty peptide. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 43 (11): 2828-2832.
- Wheeler, T. L. y Koohmaraie, M. 1999. The extent of proteolysis is independent of sarcomere length in lamb *longissimus* and *psoas major*. *Journal of Animal Science*. 77: 2444-2451.
- Whipple, G., Koohharaie, H., Dikeman, H. E., Crouse J. D., Hunt M. C. y Klemh R. O. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in bus taurus and indicus cattle. *Journal of Animal Science*. 68: 2716-2728.

-
- Yamasaki, Y. y Maekawa, K. 1978. A peptide with delicious taste. *Agricultural and Biological Chemistry*. 42: 1761-1765.
- Yancey, E. J., Grobbel, J. P., Dikeman, M. E., Smith, J. S., Hachmeister, K. A., Chambers, E. C., Gadgil, P., Milliken G. A. y Dressler E. A. 2006. Effects of total iron, myoglobin, hemoglobin, and lipid oxidation of uncooked muscles on livery flavor development and volatiles of cooked beef steaks *Meat Science*. 7: 680-686.
- Yasuda, M., Fujimori, H. y Panhou, H. 1998. NO depletes cellular ATP contents via inactivation of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase in PC12 cells. *The Journal of Toxicological Science*. 23: 389-394.
- Young, O. A., Reid, D. H. y Scales, G. H. 1994. Effect of breed and ultimate pH on the odour and flavor of sheep meat. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 36: 363-370.
- Young, O. A. y Braggins, T. J. 1998. Sheepmeat odour and flavour. En: *Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods*. Ed. Shahidi, F. ed. Blackie Academic & Professional. pp 112-125.
- Yuan, H. B. K., Frandsen, M. y Rosenvold, K. 2011. Effect of ageing prior to freezing on colour stability of ovine *longissimus* muscle. *Meat Science*. 88: 332-337.
- Yuan, L., Xing-lian, X. y Guang-hong, Z. 2007. Comparative study of volatile compounds in traditional Chinese Nanjing marinated duck by different extraction techniques. *International Journal of Food Science and Technology*. 42: 543-550.

12. Anexo

12.1 Etapa I: selección y entrenamiento del panel

Primeramente, se convocó a estudiantes de la Facultad de Química para formar el panel de evaluación. Posteriormente, se seleccionaron aquellas personas con la capacidad sensorial de pertenecer a éste y finalmente fueron entrenados siguiendo el método de análisis descriptivo cuantitativo-QDA según Revilla y col. (2009), así como el análisis de perfil sensorial de textura TPA (Stone y Sidel, 1993; Civille y Liska, 1975; Severiano-Pérez, 2002).

12.1.1 Selección del panel

Se distribuyó un cuestionario con preguntas sobre hábitos alimenticios, enfermedad, alergias etc. a 30 personas interesadas en pertenecer al panel (Anexo 11.4). Posteriormente se aplicó una serie de pruebas con el fin de seleccionar a aquellas personas con las características deseadas para ser juez entrenado, como son: percepción de estímulos sensoriales, memoria olfativa, capacidad discriminante, disponibilidad de asistencia y gusto por la carne.

12.1.1.1 Pruebas de umbral

Estas pruebas se realizaron con la finalidad de evaluar la capacidad gustativa de los jueces, su agudeza y percepción de los gustos básicos (dulce, salado, ácido y amargo). Con base en los resultados de otros paneles con características similares de edad y sexo a la población participante en este estudio (Meilgaard y col., 1999; Aldape, 2006; Hernández, 2006; Jardón, 2006; Salinas, 2009), se utilizaron las concentraciones para los cuatro gustos básicos mostradas en la tabla 6. Sin embargo, se realizaron modificaciones a las concentraciones para el gusto salado, debido a que el umbral del grupo fue menor a lo reportado en los estudios previamente mencionados.

La prueba se efectuó siguiendo un orden ascendente, es decir, se ordenaron y evaluaron las muestras en forma de Z de menor a mayor concentración (Figura 29), codificándose cada concentración con números aleatorios de tres cifras.

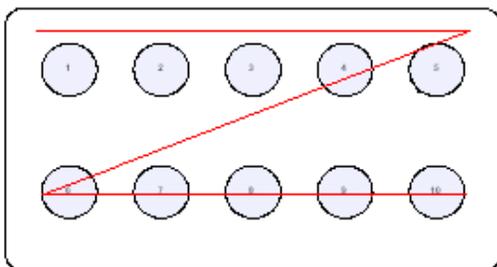


Figura 30. Pruebas de umbral. Orden de presentación evaluación de las muestras

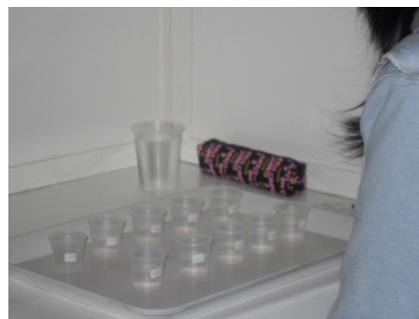


Figura 31. Pruebas de umbral, evaluación de las y muestras.

El cuestionario utilizado se encuentra en el anexo 11.5.

Tabla 6. Concentraciones utilizadas para las pruebas de umbral de los gustos básicos: dulce, salado, ácido y amargo.

GUSTO DULCE Sacarosa % (p/ v)	GUSTO SALADO NaCl % (p/ v)	GUSTO ÁCIDO Ácido cítrico % (p/ v)	GUSTO AMARGO Cafeína % (p/ v)
0	0	0	0
0.05	0.004	0.005	0.003
0.1	0.008	0.01	0.004
0.2	0.012	0.013	0.005
0.3	0.02	0.015	0.006
0.4	0.06	0.018	0.008
0.5	0.1	0.02	0.01
0.6	0.14	0.025	0.015
0.8	0.18	0.03	0.020
1	0.22	0.035	0.030

12.1.1.2 Pruebas discriminativas

Estas pruebas se realizaron para medir la capacidad discriminante de cada persona (ISO 4120 2004; ISO 5492 1992; ASTM STP758 1981). La capacidad discriminante se refiere a la sensibilidad que presentan las personas en el uso de sus sentidos para poder diferenciar dos muestras con características similares.

12.1.1.3 Pruebas triangulares

Estas pruebas permiten determinar si existe diferencia sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando tres muestras al mismo tiempo, de las cuales dos son iguales y una diferente.

Se realizaron seis pruebas discriminativas, evaluado en cada sesión alimentos sólidos y líquidos. En todas las pruebas se enmascaró el color de las muestras aplicando a los jueces un antifaz de papel celofán rojo. Asimismo, cada muestra se codificó con un número de tres dígitos y se utilizó un programa para aleatorizar las claves y el orden de presentación de las muestras en las charolas (Tabla 28 y 29; Anexo 12.15.1). Los cuestionarios aplicados se muestran en el anexo 11.6. Los participantes se enjuagaron al terminar cada triada y dejaron como mínimo un minuto antes de continuar con la siguiente. Además, al cambiar de muestra se enjuagaron utilizando para ello agua y una galleta habanera, esperando un mínimo de 3 minutos antes de continuar con las siguientes triadas.

- A. Las muestras evaluadas fueron refrescos de cola de las marcas Coca Cola, Great Value y Big Cola y salchicha de pavo de las marcas Zwam Premium, Parma Sabori y San Rafael, cortadas en rebanadas de un 1 cm de alto (Salinas, 2009).



Figura 32. Presentación de las triadas para la evaluación de refresco de cola y salchichas.

- B. Las muestras evaluadas fueron salchicha de cerdo de las marcas Ibero, Bafar y Duby, cortada en rebanadas de 1 cm de alto y bebida energética de las marcas Gatorade y Powerade.



Figura 33. Presentación de las triadas para la evaluación de bebida energética y salchichas.

C. Las muestras evaluadas fueron chicharrón de las marcas Sabritas, Ovar B y Arran (Salinas, 2009) y jugo de uva de las marcas Jumex y Sonrisa.



Figura 34. Presentación de las triadas para la evaluación de jugo de uva y chicharrón.

12.1.1.3 Pruebas de reconocimiento e identificación olores

Se realizaron con tubos forrados de papel aluminio y codificados con claves de 3 dígitos, los cuales contenían una tira de papel con alguno de los olores en las concentraciones mostradas en la tabla 7, que son olores familiares en la población mexicana (Severiano y col., 2012). Se le solicitó al participante indicar de qué olor se trataba y en los casos en que no pudieran nombrarlos se les mostró una tarjeta con las imágenes correspondientes a los olores para facilitar su identificación. Se realizó la prueba para ambas fosas nasales, sólo fosa izquierda y fosa derecha, tapando la fosa indicada con una torunda de algodón (Cuestionario en anexo 12.7).

Tabla 7. Olores evaluados en la prueba de identificación.

Olor	Concentración
Naranja	1×10^{-2}
Limón	1×10^{-2}
Rosas	6×10^{-5}
Canela	9×10^{-5}

12.1.1.4 Prueba discriminativa de olores

La prueba llevada a cabo fue una prueba triangular, la cual consistió en tres tubos codificados con claves de tres dígitos, forrados de papel aluminio, que contenían una tira de papel, de los cuales dos tenían el mismo olor y uno un olor diferente. Se evaluaron dos niveles de discriminación, siendo el

primer nivel olores muy diferentes (guayaba/hierbabuena) y en el segundo nivel olores semejantes (jazmín/nardo) (Cuestionario anexo 12.8). Se realizó la prueba en ambas fosas nasales, fosa izquierda y fosa derecha, tapando la fosa indicada con una torunda de algodón. En la tabla 8 se muestran las concentraciones y los olores utilizados para esta prueba.

Tabla 8. Olores evaluados en la prueba discriminativa.

Olor	Concentración
Guayaba	1×10^{-2}
Hierbabuena	1×10^{-2}
Nardo	1×10^{-2}
Jazmín	1×10^{-2}

12.1.1.5 Prueba de umbral de olores

Se realizó para conocer el umbral grupal, que es la concentración a la cual el 50% de los participantes reconoce el olor a café y para conocer a que concentración percibían e identificaban el olor cada uno de los participantes. Se evaluó una serie de cinco tubos ordenados ascendentemente (Tabla 9; cuestionario Anexo 12.9). La prueba se realizó para ambas fosas nasales, fosa izquierda y fosa derecha, tapando la fosa indicada con una torunda de algodón.

Tabla 9. Concentraciones del estándar de olor a café utilizadas para la prueba de umbral.

Tubo	Concentración
1	9×10^{-6}
2	1×10^{-5}
3	2×10^{-5}
4	4×10^{-5}
5	5×10^{-5}

12.1.2 Entrenamiento: análisis descriptivo

Para proseguir con esta etapa, se seleccionaron las personas que no presentaron ningún problema que afectara sus sentidos, no presentaran alergias o intolerancia a alimentos, con disponibilidad de tiempo, umbrales bajos y buena capacidad discriminante (más de 60% de aciertos).

En general el análisis descriptivo comprende las siguientes etapas:

1. Generación de descriptores: descripción de atributos diversos
2. Selección de referencias: referencias físicas por atributo e intensidad de cada atributo
3. Sesión de evaluación general
4. Sesión de evaluación individual
5. Análisis de resultados
6. Definición del perfil

12.1.2.1 Generación de descriptores

La carne se evaluó cruda en atributos de: apariencia, olor y textura. En cocida se generan descriptores de: apariencia, olor, textura y flavor (Cuestionario anexo 12.10). Posteriormente, en sesiones grupales se acordaron los descriptores más adecuados para expresar las características de la carne, omitiendo sinónimos, descriptores afectivos, así como aquella terminología confusa para los panelistas (BS ISO13299 2003).

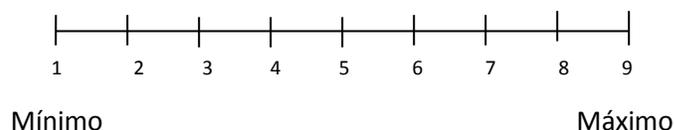
12.1.2.2 Evaluación de descriptores

Se aplicó un cuestionario para conocer la intensidad de cada atributo encontrado y el orden de aparición de éstos. Asimismo, se verificó la existencia de los descriptores tanto en carne cruda y a la parrilla (Cuestionarios anexo 12.11 y 12.12). Finalmente, se homogenizó la forma en que se realizó la evaluación (Drake y col., 2001).

12.1.3 Segunda etapa del entrenamiento

12.1.3.1 Anclaje de escalas

La intensidad de cada descriptor se evaluó empleando una escala numérica de 9 puntos, siendo el uno la mínima intensidad de percepción y nueve la máxima (Severiano-Pérez y col., 2006).



Para los atributos de apariencia en carne cruda y a la parrilla, se utilizó una presentación de Power Point con fotografías de los atributos de apariencia y su escala numérica (Anexo 12.16). Por otro lado, para los atributos de olor en carne cruda se utilizaron los siguientes estándares (Salinas, 2009).

Tabla 10. Estándares de olor en carne cruda.

Estándar	Descripción	Calificación
Sangre de ovino	30 mL de sangre de borrego	9
Sebo	Grasa del lomo de un cordero	9

Para el descriptor de adhesividad en el atributo de textura, en carne cruda, los estándares utilizados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Estándares de adhesividad en carne cruda.

Estándar	Descripción	Calificación
Bombón	Partido a la mitad	9
Plátano tabasco	Un trozo horizontal	7
Carne	Un trozo carne de cordero	4

Asimismo, se utilizaron como estándares grasa y barbacoa, en el atributo de olor en carne a la parrilla.

Tabla 12. Estándares de olor en carne cocida.

Estándar	Descripción	Calificación
Grasa	Grasa de cordero asada en parrilla KRUPS con temperatura controlada en el #5, hasta una T interna de $72\pm 1^{\circ}\text{C}$	9
Barbacoa	Trozo de barbacoa de borrego	9

Para los atributos de firmeza, masticabilidad y sensación grasa se manejaron los estándares según Salinas (2009).

Tabla 13. Estándares de firmeza en carne cocida.

Estándar	Descripción	Calificación en la escala
Paté de hígado	Trozos, Zwan Qualtia alimentos Operaciones S. de R.L de C.V	2
Salchicha de pavo	Trozos de 1 cm de alto. Alpino, Qualtia alimentos Operaciones S. de R.L de C.V	3.5
Falda de res	Trozos de 1 cm ³ cocidos en olla express durante 20 min.	5.5
Peperami	Trozos de 1 cm de alto. Zwan, Qualtia alimentos Operaciones S. de R.L de C.V.	8

Tabla 14. Estándares de masticabilidad en carne cocida.

Estándar	Descripción	Calificación en la escala
Paté de hígado	Trozos, Zwan Qualtia alimentos Operaciones S. de R.L de C.V	1
Salchicha de pavo	Trozos de un 1 de alto. Alpino, Qualtia alimentos Operaciones S. de R.L de C.V	3 a 4
Falda de res	Trozos de 1 cm ³ cocidos en olla express durante 20 min.	6
Peperami	Trozos de 1 cm de alto. Zwan, Qualtia alimentos Operaciones S. de R.L de C.V.	7

Tabla 15. Estándares de sensación grasa en carne cocida.

Estándar	Descripción	Calificación en la escala
Natilla de vainilla	Una cucharadita. Danette, Danone México, S.A de C.V.	1
Nutella	Una cucharadita.	6
Crema de cacahuete	Una cucharadita. Aladino, Karo Alimentos capullo S. de R. L de C.V	9

Para el atributo de intensidad de flavor a ovino y grasa, se utilizaron los estándares mostrados en las tablas 16 y 17.

Tabla 16. Estándares de intensidad de flavor a ovino.

Estándar	Descripción	Calificación en la escala
Lechazo pierna	Trozo de carne asada a la parrilla KRUPS hasta una °T interna de 73°C.	3
Cordero pierna	Trozo de carne asada en parrilla KRUPS hasta una temperatura interna de 73°C.	7

Tabla 17. Estándares de sabor a grasa.

Estándar	Descripción	Calificación en la escala
Grasa	Trozo de grasa asada a la parrilla KRUPS hasta una °T interna de 72±1°C.	9
Chuleta de cordero	Trozo de carne asada en parrilla KRUPS hasta una °T interna de 72±1°C.	6

Los estándares se proporcionaron a los jueces para reconocimiento de atributos y el anclaje de las escalas, es decir se enseñó a los jueces el reconocimiento de los atributos en diferentes intensidades. Se

homogenizó la metodología de evaluación con el objetivo de estandarizar la manera de evaluar, para con ello obtener coeficientes de variación por atributo menor a 30 (Cuestionarios anexo 12.11 y 12.12).

12.1.3.2 Muestras para entrenamiento

Se utilizaron diferentes cortes de la carne de ovino (pierna y lomo), además de diferentes edades (cordero y borrego). Las muestras se compraron en Superama Av. de las Fuentes 490, Jardines del Pedregal, 1900, Álvaro Obregón, D. F. y en el Mercado de San Juan (Ernesto Pugibet 21).

La carne se cocinó en una parrilla KRUPS con temperatura controlada en el número 5, hasta que la carne llegó a una temperatura interna de $72\pm 1^{\circ}\text{C}$. Para evaluar la apariencia se utilizó un trozo de $5\times 2\times 1$ cm. Por otro lado, para análisis de textura y flavor se requirió un trozo de 1 cm^3 .

12.2 Análisis de resultados de la selección

En la etapa de selección participaron 30 personas, siendo 24% hombres y 76% mujeres, con un intervalo de edad de 20 a 50 años. Los resultados de la encuesta mostraron que sólo una persona era alérgica a la piña y otra intolerante a la lactosa. A todos los participantes les agradaba la carne, para tres participantes el huevo no era de su agrado; por último sólo seis de ellos tenían el hábito de fumar.

12.2.1 Pruebas de umbral

Se graficó la concentraciones de las soluciones contra el porcentaje de acierto de los participantes en cada concentración. Se obtuvo el umbral del grupo con la ecuación de la recta, interpolando la concentración a la cual el 50% de los jueces detecta el gusto. Los resultados de las pruebas de umbral para gustos básicos fue de 0.42% p/ v de sacarosa para el dulce, 0.01 % p/v de cafeína para el amargo, 0.02% p/v de ácido cítrico para el ácido y 0.03 % p/ v de cloruro de sodio para el salado.

12.2.2 Pruebas discriminativas y de olor

La probabilidad de escoger la muestra correcta sólo por casualidad es del 33.3% ($p= 1/3$). Se les dio valor de uno a la muestra que acertaron y un valor de cero a la muestra errónea. Se obtuvo el porcentaje de aciertos por cada prueba realizada.

12.2.3 Pruebas discriminativas

Se realizaron 6 pruebas triangulares, los resultados mostraron que el menor porcentaje de aciertos lo obtuvo la bebida energética (33%), debido a la poca frecuencia de consumo de los participantes. Esto coincide con los reportado por otros autores que han encontrado que la familiaridad con los alimentos tiene un efecto en la capacidad discriminante de los individuos (Teerling y col., 1995). Asimismo, en la

salchicha de cerdo se presentó dificultad para diferenciar las muestras, debido a su sabor semejante (42%). El producto con mayor porcentaje de aciertos fue el jugo de uva, ya que los sabores de las diferentes marcas fueron fácilmente detectables (70%)

12.2.4 Pruebas de olor

Los resultados mostraron que para la prueba de identificación el menor porcentaje de aciertos lo obtuvo la fosa izquierda (44%) y con ambas se identificó mejor los olores presentados (55%). Para la prueba discriminativa, las fosas independientes y ambas fosas presentaron un porcentaje de acierto alto (>70%). Finalmente, para la prueba de umbral con ambas fosas se percibió e identificó el olor a café en un 82% de los casos.

12.2.5 Selección de jueces sensoriales

La selección de los jueces se basó en los resultados de las pruebas anteriores. En la tabla 18 se observan los resultados individuales; en la prueba de umbral, con una cruz (+) se marcan aquellos participantes que presentaron umbrales bajos (igual o menor al grupal); en la prueba discriminativa, indica un alto porcentaje de aciertos (mayor o igual a 60%) y en la prueba olfatoria indica un porcentaje de identificación y reconocimiento igual o mayor a 60%. En cada sesión se evaluó el desempeño individual durante la realización de las pruebas y la participación durante las sesiones grupales, para con ello (además de los resultados arrojados en las pruebas) poder elegir a un grupo de personas con capacidad de trabajo en equipo, sin carácter extremo, con capacidad de expresar sus ideas al grupo y disponibilidad de tiempo. Se seleccionaron quince jueces, 66% mujeres y 33% hombres, con un intervalo de edad de 20 a 26 años.

Tabla 18. Calificación de los jueces en las pruebas de umbral, triangulares y olfativas.

Juez	Pruebas de umbral	Triangular	Olfativa
2	+	-	+
4	+	+	-
5	+	-	+
6	-	+	-
9	+	+	+
10	-	+	+
11	-	+	-
12	+	+	-
13	-	+	+
14	+	-	+
15	-	-	+
17	+	-	-
18	-	-	+
19	+	-	+
20	+	+	+
21	+	-	+
22	+	+	-
23	+	+	+
24	-	+	+
25	-	+	+
26	+	+	+
27	-	-	+
28	+	-	+
29	+	+	-
30	+	+	+

+: umbral del juez por debajo o igual al del grupo

+: porcentaje de aciertos mayor o igual al 60%

-: umbral del juez por arriba del grupo

-: porcentaje de aciertos menores al 60%

12.3 Análisis de resultados del entrenamiento

12.3.1 Generación de descriptores

Se aplicó el cuestionario del anexo 11.10 para que los panelistas crearan los descriptores, tanto de carne cruda como a la parrilla. Los descriptores generados se muestran en la tabla 19. Para apariencia se generaron 25 descriptores, para olor 8, para textura 21 y en otros se agruparon atributos como “carne ordenada, etc.”

Tabla 19. Descriptores de apariencia, olor, textura y otros en carne cruda.

APARIENCIA	OLOR	TEXTURA	OTROS
Color rojo	Carne refrigerada	Pegajosa	Carne ordenada
Grasosa	Sangre	Suave	Parte grasa Dura
Pellejuda	Crudo	Dura(grasa)	Grasa superficial
Sanguinolenta	Carne de vaca	Lisa	
Refrigerada	Carne fresca	Áspera	
Suave	Grasa	Rugosa	
Fibrosa	Desagradable	Texturizada	
Dura	Ácido fuerte	Grasosa	
Compacta		Heterogénea	
Seca		Resbalosa	
Brillante		Poco elástica	
Heterogénea		Correosa	
Fresca		Firme	
Color rosado		Arenosa	
Marmoleo		Fresca	
Jugosidad		Homogéneo	
Cebo		Tersa	
Con venitas		Blanda	
Arenosa		Grumosa	
Con sangre		Elástica	
Húmeda		Jugosidad	
Fría			
Color café			
Tejido nervioso			
Opaca			

En la tabla 20, se observan los descriptores generados para la carne a la parrilla (cuestionario anexo 11.10). Para apariencia se generaron 23 descriptores, para olor 13, para textura 16, para flavor 13 y finalmente en otros se escribieron descriptores como cohesividad, masticable, etc.

Tabla 20. Descriptores de apariencia, textura, olor, flavor y otros en carne a la parrilla.

APARIENCIA	OLOR	TEXTURA	FLAVOR	OTROS
Cocida	carne cocida	Suave	Grasoso	Cohesiva
color café	Aceite	Fibrosa	carne asada	Masticable
Suave	ternera cocida	Grasosa	Salado	difícil de masticar
Seca	Grasa	Dura	Agradable	
Pellejuda	Tuétano	Áspera	Ácido	
Dura	Agradable	Rugosa	Insípida	
Fibrosa	sin condimentos	Arenosa	carne cocida	
Grasosa	Humo	Chiclosa	Agrio	
Jugosa	Sangre	Correosa	Cuero	
Opaca	Salado	Homogénea	Quemada	
Heterogénea	Barbacoa	Seca	Jugosa	
Dorada	Fuerte	Rígida	Dulce	
color quemado	Tostado	Blanda	Simple	
Firme	carne asada	Masticable		
Marmoleo con cebo		Elástica suave en el paladar		
Homogénea no apetecible				
Butirosa				
Amarilla				
Húmeda				
Quemada				

Para la evaluación de los descriptores generados, se convocó a una sesión grupal donde se discutió sobre el significado de cada descriptor, seleccionando dentro de aquellos que eran sinónimos los que mejor describían al atributo. Se logró, mediante una discusión grupal, la selección de los descriptores a evaluar. En la tabla 21 se muestran los descriptores seleccionados para evaluar la carne cruda.

Tabla 21. Principales descriptores para carne de ovino cruda.

APARIENCIA	OLOR	TEXTURA
Grasa superficial	Sangre	Firmeza
Color	Sebo	Adhesividad
Homogéneo		
Brillo		
Fibrosidad		

La tabla 22 contiene los descriptores seleccionados para carne a la parrilla.

Tabla 22. Principales descriptores para carne de ovino a la parrilla

APARIENCIA	OLOR	TEXTURA	FLAVOR
Grasa superficial	Intensidad a carne asada	Firmeza	Grasa
Color	Grasa	Masticabilidad	Intensidad de flavor a ovino
Homogéneo	Barbacoa	Fibrosidad	
Brillo		Jugosidad	
Fibrosidad		Sensación grasa	

En las subsecuentes reuniones se aplicó el cuestionario del anexo 12.11 y 12.12, para homogenizar el orden de evaluación y valorar el intervalo de intensidad que presentaba cada atributo.

Asimismo, se homogenizó la forma de evaluación de cada uno de estos atributos y su definición. De esta manera, todos los panelistas tuvieron el mismo concepto de los atributos y la misma metodología de evaluación. En las sesiones de evaluación grupales, se trabajó atributo por atributo, evaluando una única pieza de carne todos al mismo tiempo. Se permitió que se corrigieran entre ellos la forma de evaluar, así como el concepto del atributo. Para facilitar que recordaran las escalas numéricas de los estándares, se les proporcionó una tabla que contenía los estándares con su escala. Sí algún juez en particular tenía dificultad con algún atributo se le apoyó de manera individual para lograr que evaluara de la misma forma que los demás panelistas.

En la tabla 23 se enlistan los atributos para carne cruda, la forma de evaluación, definición y escala.

Tabla 23. Definición y forma de evaluación, así como la escala de cada atributo en carne cruda.

Atributo	Escala	Definición	Evaluación
APARIENCIA			
Grasa	Magro a graso	Presencia o ausencia de grasa en la superficie de la carne	
Color	Rosa a rojo-café	Color típico de la carne de ovino cruda	
Homogéneo	Heterogéneo a homogéneo	Cuantificación de variaciones en la apariencia de la carne: nervio, grasa y hueso. Heterogéneo: se refiere a un trozo de carne con presencia de nervio, grasa y hueso. Homogéneo: se refiere a un trozo de carne magra.	
Brillo	Opaco a brillante	Contenido de humedad en la superficie de la carne.	
Fibrosidad	Baja a alta	Cuantificación del número de fibras en la carne.	
OLOR			
Sangre	Suave a intenso	Cuantificación del olor a sangre de ovino.	Se evalúa acercando la carne a la nariz a 2 cm durante 5 segundos.
Sebo	Suave a intenso	Cuantificación del olor característico que presenta la grasa de ovino.	
TEXTURA			
Firmeza	Suave a firme	Resistencia que pone un objeto ha ser deformado o penetrado.	Se evalúa presionando con el dedo índice en la porción magra de la carne
Adhesividad	Poca a mucha	Adhesividad de la carne a la superficie del plato	Se evalúa levantando la carne y observando su adherencia al plato de cerámica.

En la Tabla 24 se observan los atributos a evaluar en carne a la parrilla, su definición, escala y forma de evaluación.

Tabla 24. Definición y forma de evaluación de cada atributo en carne a la parrilla.

Atributo	Escala	Definición	Evaluación
APARIENCIA			
Grasa	Magro a graso	Presencia o ausencia de grasa en la superficie de la carne.	Para cada atributo, primero se vio la pantalla de la computadora donde se reflejaban las distintas escalas (ver figuras anexo 11.13) y continuación se evaluaron visualmente uno a uno los atributos mirando las muestras de frente
Color	Café a marrón	Color característico de la carne de ovino cocida.	
Homogéneo	Heterogéneo a homogéneo	Cuantificación en variaciones en la apariencia (nervio, grasa, hueso) Homogéneo: se refiere a un trozo de carne magra. Heterogéneo: se refiere a un trozo con presencia de grasa y tejido conectivo.	
Brillo	Opaco a brillante	Brillo: se refiere a carne con humedad superficial. Opaco: se refiere a carne sin humedad superficial.	
Fibrosidad	Baja a alta	Cuantificación del número de fibras en la carne	
OLOR			
Carne asada	Suave a intenso	Intensidad de olor a carne asada de ovino	Se evalúa acercando la carne a la nariz 2 cm durante 5 segundos.
Grasa	Suave a intenso	Intensidad de olor característico que presenta la grasa de la carne de ovino.	
Barbacoa	Suave a intenso	Intensidad de olor característico a barbacoa.	
TEXTURA			
Firmeza	Suave a firme	Fuerza necesaria para penetrar la carne con los dientes incisivos	Se evalúa con un cm ³ de la carne la primera mordida con los dientes incisivos con las fibras musculares perpendiculares a éstos.
Masticabilidad	Baja a alta	Número de mordiscos que se requieren para poder deglutir el alimento.	Se evalúa con un cm ³ de la carne desde el inicio del proceso de masticación hasta su conclusión cuando esté lista para deglutirla.
Fibrosidad	Baja a alta	Cantidad de fibras que se sienten durante el masticado	Se evalúa al contacto con la lengua contra el paladar.
Jugosidad	Seco a jugoso	Cantidad de agua de la carne que se percibe al masticarla	Se evalúa en el momento de la masticación. Sensación de humedad.
Sensación grasa	Baja a alta	Recubrimiento grasoso o mantecoso que se percibe en la boca al momento de masticar la carne y después de ser deglutida.	Se evalúa durante la masticación y después de deglutir el alimento.
FLAVOR			
Grasa	Suave a intenso	Flavor característico de la grasa presente en la carne de ovino.	Se evalúa durante el proceso de masticación
Intensidad de flavor a ovino	Suave a intenso	Flavor característico de la carne de ovino.	

La etapa de entrenamiento inició con la evaluación de carne de ovino proveniente de la pierna trasera y del lomo. Los jueces en entrenamiento evaluaron las muestras a la par que los estándares para cada atributo (con su tabla, como se mencionó anteriormente). Los resultados de los primeras seis sesiones se muestran en la figura 34, en la que se presentan los atributos evaluados y los coeficiente de variación obtenidos, observándose que el coeficiente de variación bajó a lo largo de las sesiones. Después del periodo de vacaciones, se observó que el CV fue mayor, debido a que se dejó de evaluar durante un tiempo. En la barra correspondiente a la sesión 6 se obtuvo para todos los atributos un coeficiente de variación menor a treinta. Los atributos con mayor dificultad en su evaluación fueron los de olor a sangre y sebo.

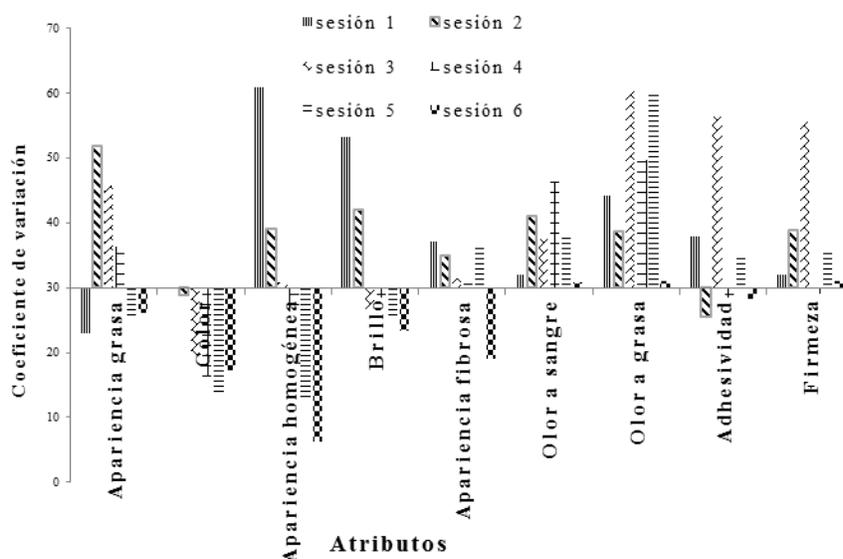


Figura 35. Atributos de la carne cruda contra coeficiente de variación durante las sesiones de evaluación en carne cruda.

En la figura 35 se observan los coeficientes de variación de los atributos a lo largo de las sesiones para evaluar carne a la parrilla. En la última sesión todos los atributos tuvieron un coeficiente menor a treinta. En algunos atributos como sensación grasa, intensidad de sabor a ovino y olor a grasa no se observó un orden decreciente en el CV, ya que fueron de los atributos que presentaron mayor dificultad, por lo que se proporcionaron los estándares en todas las evaluaciones.

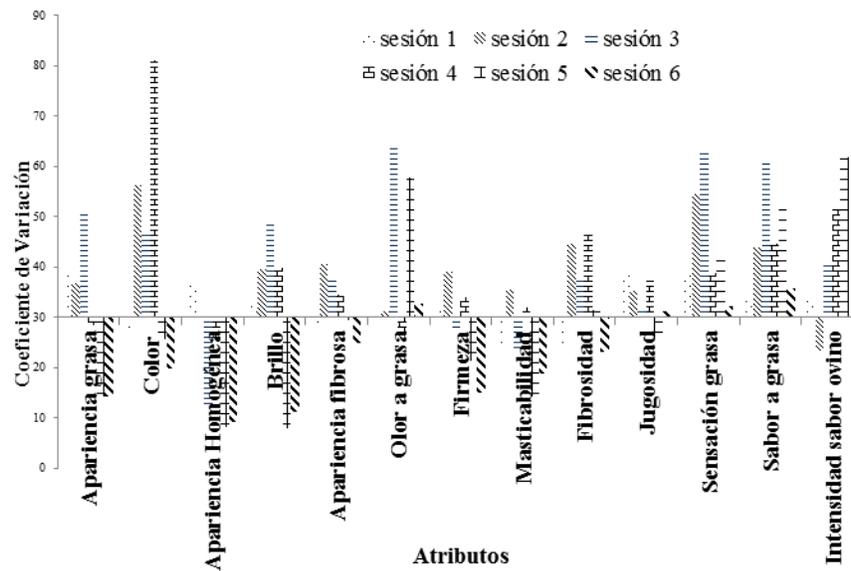


Figura 36. Atributos de carne cocida de ovino contra coeficientes de variación durante las sesiones de entrenamiento en carne a la parrilla.

Después del anclaje de las escalas, los jueces utilizaron las escalas de manera similar y evaluaron los atributos de la misma forma, situación que se vio reflejada en CV iguales o menores a 30%, criterio con el cual se consideró que los jueces estaban entrenados para evaluar los atributos sensoriales en carne de ovino cruda y a la parrilla.

Para comprobar el entrenamiento, además de evaluar la carne de ovino se evaluó carne de bovino y cerdo (chuleta). Los datos obtenidos se analizaron por medio de Análisis de varianza de una vía $p < 0.05$ con el programa estadístico FIZZ 2.3 (Biosystemes 2007, Couternon, France). A las muestras que fueron significativamente diferentes se les aplicó el análisis de medias por el método de diferencia mínima significativa en el mismo programa. Los resultados mostraron que los jueces fueron capaces de encontrar diferencias entre los tres tipos de carne. Los resultados se muestran en la figura 36, donde se observa que para cada tipo de carne se generó un perfil diferente.

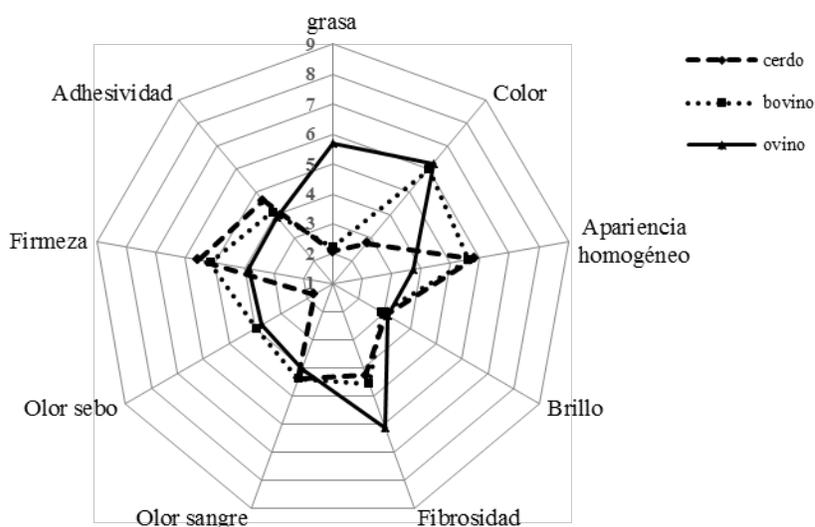


Figura 37. Perfil sensorial de carne cruda de ovino, bovino y cerdo.

En adhesividad, brillo y olor a sangre, no hubo diferencia significativa para las tres especies con un $p < 0.05$ (Tabla 30, Anexo 12.15.2). En la tabla 25 se muestran los resultados para la carne de ovino, bovino y cerdo. Para apariencia grasa la carne de ovino presentó el mayor valor, de 5.7; en color la carne de cerdo fue la más rosa y la carne de bovino y ovino fue roja, con un valor de 6 debido a que la carne de cerdo tiene menor cantidad de mioglobina (Claus y col., 1994), la carne menos homogénea fue la carne de ovino con un valor de 3.8. En cuanto a la fibrosidad, la carne más fibrosa fue la carne de ovino. En olor a sebo se esperaba que la carne de bovino presentará un menor olor a sebo debido a su valor bajo en apariencia grasa (2.21), sin embargo tuvo el mayor valor de olor a sebo junto con la carne de ovino. Se conoce que la fracción lipídica provee de volátiles que son característicos de cada especie animal, mientras que el tejido magro provee de aquellos compuestos responsables del olor a carne que son comunes en todas las especies animales (Mottram, 1998). La carne con mayor firmeza fue la carne de ovino, con un valor de 3.9.

Tabla 25. Análisis de Duncan para los atributos de apariencia, olor y textura de carne cruda de ovino, bovino y cerdo.

Atributo Carne	Grasa	Color	Homogéneo	Fibrosidad	Olor sebo	Firmeza
Cerdo	2.1±0.6 ^a	2.8±0.9 ^a	5.8±1.4 ^b	4.3±1.3 ^a	1.7±0.7 ^a	5.6±1.5 ^b
Bovino	2.2±0.7 ^a	6.0±1.1 ^b	5.6±0.5 ^b	4.5±1.3 ^a	4.0±1.4 ^b	5.2±1.5 ^b
Ovino	5.7±1.9 ^b	6.0±0.9 ^b	3.8±0.8 ^a	6.2±1.3 ^b	3.8±1.4 ^b	3.7±1.1 ^a

Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa con una $p < 0.05$.

En la figura 36 se muestran los perfiles para la carne de cerdo, bovino y ovino a la parrilla. En ella se puede observar que las carnes mostraron diferentes perfiles sensoriales y que las diferencias fueron significativas ($p < 0.05$) (ver tabla 31, Anexo 12.15.3), resultados ya observados en la carne cruda.

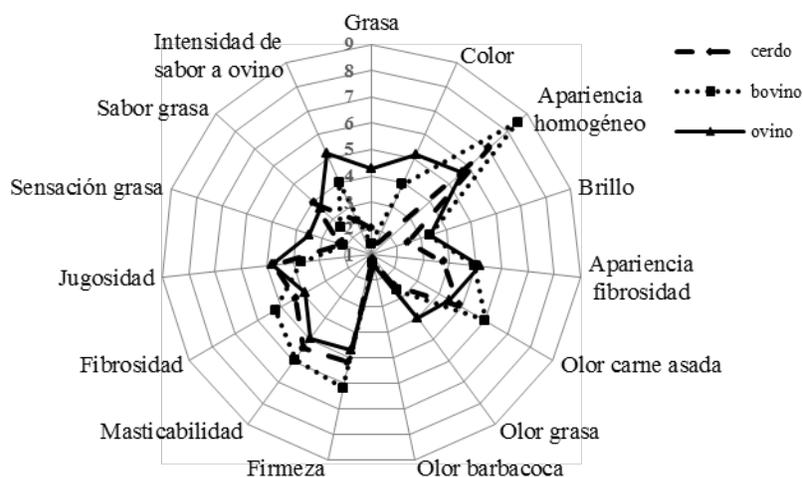


Figura 38. Perfil sensorial de carne a la parrilla de ovino, cerdo y bovino.

En la tabla 26 se puede observar que la carne con apariencia más grasosa fue la de ovino, lo cual concuerda con la carne cruda de ovino. Por otro lado, las tres carnes difieren en color: la carne de ovino presentó una coloración marrón, debido a la desnaturalización de la mioglobina (Pérez, 2000), siendo este color deseable. En el atributo homogéneo, la carne de ovino a la parrilla siguió el mismo comportamiento que la cruda, siendo la más heterogénea en comparación con la de bovino y cerdo. La carne con menos brillo fue la carne de cerdo, la de bovino y ovino no presentaron diferencia estadística. La fibrosidad en la carne de bovino y ovino fue mayor, lo cual concuerda con la apariencia en carne cruda de ovino.

Tabla 26. Análisis de Duncan para los atributos de apariencia de carne a la parrilla de ovino, bovino y cerdo.

Atributo Carne	Grasa	Color	Homogéneo	Brillo	Fibrosidad
Cerdo	1.4±0.7 ^a	1.4±0.5 ^a	7.0±1 ^b	2.5±0.8 ^a	3.8±1.1 ^a
Bovino	1.9±0.5 ^a	3.6±1 ^b	8.5±0.5 ^c	3.3±1 ^b	4.9±1.3 ^b
Ovino	4.3±1.2 ^b	5.2±1.3 ^c	5.6±1.3 ^a	3.3±1 ^b	5.2±1.2 ^b

Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa con $p < 0.05$.

En la tabla 27 se observan los atributos restantes para carne de ovino, bovino y cerdo a la parrilla. La carne de ovino presentó el menor valor para olor a carne asada, tal vez debido a que el olor a carne

asada es representativo de la carne de bovino (su valor fue el mayor). En cuanto a olor a grasa, la carne de ovino fue la que presentó mayor intensidad, lo que concuerda con su apariencia grasa, sabor a grasa y sensación grasa donde también presentó la mayor intensidad. La carne de ovino es rica en ácidos grasos ramificados con grupo metilo, como los ácidos 4-metiloctanoico y 4-metilnonanoico, que no se han detectado en otros tipos de carnes. Las carnes más firmes fueron la de cerdo y bovino, presentando también la mayor fibrosidad en textura y la masticabilidad más alta. La carne de ovino fue la de mayor jugosidad junto con la de cerdo, a pesar de que la carne de cerdo presentó el menor valor de brillo. En intensidad de flavor a ovino la carne de ovino obtuvo el valor más alto y la de cerdo el menor.

Tabla 27. Análisis de Duncan para los atributos de olor, textura y flavor de la carne a la parrilla de ovino, bovino y cerdo.

Atributo Carne	Olor Carne asada	Olor Grasa	Firmeza	Masticabilidad	Fibrosidad	Jugosidad	Sensación grasa	Sabor grasa	Intensidad de flavor a ovino
Cerdo	4.9±1.6 ^{ab}	2.5±0.7 ^a	5.2±1.3 ^{ab}	5.4±1 ^{ab}	4.3±1 ^{ab}	4.7±1.4 ^{ab}	2.3±0.7 ^a	3.9±1.1 ^b	2.4±0.8 ^a
Bovino	6.0±1.4 ^b	2.7±0.7 ^a	6.2±1.7 ^b	5.9±1 ^b	5.2±1.5 ^b	3.7±0.9 ^a	2.2±0.7 ^a	2.6±0.8 ^a	4.0±1.2 ^b
Ovino	4.7±1.4 ^a	4.2±1.2 ^b	4.7±1.4 ^a	4.9±1.2 ^a	3.9±1.3 ^a	4.8±1.4 ^b	3.4±1.2 ^b	3.6±1 ^b	5.2±1.4 ^c

Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa $p < 0.05$.

A continuación se muestran los cuestionarios usados para la selección y entrenamiento del panel.

12.4 Encuesta general para selección del panel



ENCUESTA GENERAL PARA LA SELECCIÓN DE MIEMBROS DE UN PANEL DE JUECES ENTRENADOS.



DATOS PERSONALES:

Fecha: _____
 Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____
 Teléfono: _____ Vinculación con la Universidad: _____

DISPONIBILIDAD

¿Qué días de la semana y a que hora podrá asistir?

Horas	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
11-12				
12-13				
13-14				
14-15				

SALUD:

- ¿Padece alguna enfermedad que pueda afectar los sentidos como resfriados, anosmia (no percibe olores), daltonismo (ver las cosas en tonos blancos y grises) u otra?
 NO ____ SI ____ ¿Cuál(es) y con qué frecuencia? _____
- ¿Tiene dentadura postiza?
 Total: NO ____ SI ____
 Parcial: NO ____ SI ____
- ¿Es alérgico? a:
 Alimentos: NO ____ SI ____ ¿Cuál(es)? _____
 Medicamentos: NO ____ SI ____ ¿Cuál(es)? _____
 Otros: NO ____ SI ____ ¿Cuál(es)? _____
- ¿Padece de alguna intolerancia a algún alimento?
 NO ____ SI ____ ¿Cuál(es)? _____

HÁBITOS DE CONSUMO:

- Horario habitual de comidas: desayuno: _____ a.m.
 comida: _____ p.m.
 cena: _____ p.m.
- ¿Le disgusta algún alimento como para no participar en su degustación?
 NO ____ SI ____ ¿Cuál(es)? _____
- ¿Cuántas veces en un mes consume comida chatarra? _____
- ¿Cuál es tu alimento favorito? _____

HÁBITOS PERSONALES:

1. ¿Utiliza regularmente alguna fragancia o colonia? NO ____ SI ____
2. Menciona algunos olores que te desagraden o que te hagan sentir mal

- _____
3. ¿Fuma? NO ____ SI ____ ¿Cuántos cigarrillos al día? _____

CUESTIONARIO DE SABOR:

1. ¿Cómo describirías la diferencia entre sabor y aroma?

- _____
2. ¿Cómo describirías la diferencia entre sabor y textura?

- _____
3. ¿Cómo describirías el sabor del queso Oxaca?

- _____
4. ¿Cuáles son los sabores que mejor describen una carne asada?

CUESTIONARIO DE TEXTURA:

1. Describe las propiedades de textura de una papa frita.

- _____
2. Describe las propiedades de textura de la crema de cacahuete.

- _____
3. Describe las propiedades de textura del pan de Bimbo.

- _____
4. Describe las propiedades de textura de una carne asada

CUESTIONARIO DE OLOR:

1. ¿Qué productos tiene un olor herbal?

- _____
2. ¿Qué productos tiene un olor dulce?

- _____
3. ¿Qué productos tiene un olor de limpio y fresco?

- _____
4. ¿Cómo describiría la diferencia entre afrutado y cítrico?

- _____
5. ¿Cuáles son los olores característicos de una panadería?

- _____
6. ¿Cuáles son los olores característicos de un puesto de papas fritas?

7. ¿Cuáles son los olores característicos de un puesto de tacos de carnitas?

EJERCICIO DE ESCALA

Instrucciones: Marca una cruz en la línea de la derecha para indicar la proporción de área que se encuentra sombreada.

Ejemplos:

12.5 Cuestionario de pruebas de umbral gustos básicos



Universidad Nacional Autónoma de México
Pruebas de Umbral



Proyecto: “Identificación de posibles marcadores proteínicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino”

Fecha: _____ Ocupación _____

Fecha de nacimiento: _____ Sexo _____ Edad _____

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Ante usted tiene una serie de muestras con un solo gusto básico. Evalúe de izquierda a derecha y de atrás hacia delante y escriba para cada caso que gusto detecta, ponga un cero si no detecta algún gusto. Indique si percibe algún cambio en la intensidad de las muestras. No se enjuague entre muestra y muestra.

CLAVE	GUSTO DETECTADO	INTENSIDAD
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

12.6 Cuestionario para pruebas discriminativas



Universidad Nacional Autónoma de México Pruebas Discriminativas



Proyecto: “Identificación de posibles marcadores proteínicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino”

Fecha: _____ Fecha de nacimiento: _____

Nombre: _____ Sexo _____

INSTRUCCIONES: En cada triada hay dos muestras iguales y una diferente. Anote los códigos de cada triada. Evalúe las triadas de atrás hacia delante y de izquierda a derecha y seleccione la muestra diferente anotando su código en el espacio correspondiente. Espere al menos 45 segundos entre muestra y muestra.

TRIADA	CÓDIGO DE MUESTRAS	MUESTRA DIFERENTE
1	____ _	_____
2	____ _	_____
3	____ _	_____

12.7 Cuestionario para prueba de identificación y reconocimiento olores

Universidad Nacional Autónoma de México Prueba de Identificación y Reconocimiento



Proyecto: “Identificación de posibles marcadores proteínicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino”

Fecha: _____ Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Ante usted tiene una muestra con un olor. Huela la muestra destapando el tubo lo suficiente para percibirlo. Ponga un cero sino percibe sensación.

CLAVE

OLOR DETECTADO

12.8 Cuestionario para pruebas discriminativas olores



Universidad Nacional Autónoma de México
Pruebas Discriminativas



Proyecto: “Identificación de posibles marcadores proteínicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino”

Fecha: _____ Fecha de nacimiento: _____

Nombre: _____ Sexo _____

INSTRUCCIONES: En cada triada hay dos muestras iguales y una diferente, destape los tubos lo suficiente para percibir el olor. Anote los códigos de cada triada. Evalúe las triadas de atrás hacia delante y de izquierda a derecha y seleccione la muestra diferente anotando su código en el espacio correspondiente. Espere al menos 45 segundos entre muestra y muestra.

TRIADA	CÓDIGO DE MUESTRAS	MUESTRA DIFERENTE
1	____ _	_____
2	____ _	_____
3	____ _	_____

12.9 Cuestionario para pruebas de umbral olores



Universidad Nacional Autónoma de México
Pruebas de Umbral



Proyecto: “Identificación de posibles marcadores proteínicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino”

Fecha: _____ Ocupación _____

Fecha de nacimiento: _____ Escolaridad (años) _____

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Ante usted tiene una serie de muestras con un olor. Huela las muestras destapando los tubos lo suficiente para percibirlo. Deje pasar al menos treinta segundos antes de oler la siguiente. Evalúe de izquierda a derecha y escriba para cada caso que olor detecta, ponga un cero si no detecta olor. Indique si percibe algún cambio en la intensidad de las muestras. Ponga un cero si no percibe sensación.

CLAVE	OLOR DETECTADO	INTENSIDAD
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

12.10 Cuestionario para la generación de descriptores

 Casa abierta al tiempo	Universidad Nacional Autónoma de México Universidad Autónoma Metropolitana Proyecto: " Identificación de posibles marcadores protéicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino "	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

CLASIFICACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES
CARNE CRUDA

Nombre _____

Fecha _____ Juez_

Instrucciones: Ante usted tiene muestras de carne cruda. Anote la clave de las mismas en el cuestionario. Empiece evaluándolas de izquierda a derecha e indique TODOS los atributos que presenten la muestras comenzando por la apariencia Lávate las manos al terminar. Gracias

Clave	Apariencia	Olor	Textura	Otras



Casa abierta al tiempo

Universidad Nacional Autónoma de México
 Universidad Autónoma Metropolitana

Proyecto: "Identificación de posibles marcadores proteicos asociados a las características de aceptación de la carne de ovino"



CLASIFICACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES CARNE A LA PARRILLA

Nombre _____

Fecha _____ Juez _____

Instrucciones: Ante usted tiene muestras de carne cocida. Anote la clave de las mismas en el cuestionario. Enjuágate antes de empezar y entre cada muestra, come un trozo de galleta entre cada muestra. Empiece evaluándolas de izquierda a derecha e indique TODOS los atributos que presenten la muestras comenzando por la apariencia Lávate las manos al terminar. Gracias

Clave	Apariencia	Olor	Textura	Sabor	Otros

12.11 Cuestionario para la presencia e intensidad de los atributos generados carne cruda



Casa abierta al tiempo

CUESTIONARIO: EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES EN CARNE DE OVINO



NOMBRE _____ FECHA: _____

Instrucciones: A continuación se le presenta una muestra de carne de OVINO CRUDA, evalúe la presencia e intensidad de los atributos, marcando con una cruz sobre la escala la intensidad correspondiente.

Clave _____

APARIENCIA

Grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Brillante

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Color rosa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Color rojo

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Color café

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Fibrosidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Homogeneidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

OLORSangre

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Sebo

1. Ausencia de parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

TEXTURAAdhesividad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Firmeza

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

12.12 Cuestionario para la presencia e intensidad de los atributos generados carne a la parrilla



Casa abierta al tiempo

CUESTIONARIO: EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES EN CARNE DE OVINO



NOMBRE _____ FECHA _____

Instrucciones: A continuación se le presenta una muestra de carne de OVINO A LA PARRILLA, evalúe la presencia e intensidad de los atributos, marcando con una cruz sobre la escala la intensidad correspondiente.

Clave _____

APARIENCIA

Grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Color café

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Color marrón

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Fibrosidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Brillo

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Homogeneidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

OLORCarne cocida

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Intensidad de carne asado

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Barbacoa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

TEXTURAFirmeza

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Masticabilidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Fibrosidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Jugosidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Sensación grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Correosidad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Cohesividad

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

SABORIntensidad de sabor a ovino

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

Grasa

1. Ausencia del parámetro
2. Intensidad muy débil
3. Intensidad débil
4. Intensidad media
5. Intensidad algo fuerte
6. Intensidad fuerte
7. Intensidad muy fuerte

12.13 Cuestionario del perfil sensorial de carne de ovino cruda



Casa abierta al tiempo

PERFIL SENSORIAL DE CARNE DE OVINO



Nombre:

Fecha:

Juez:

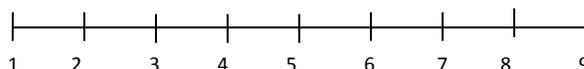
Clave:

Instrucciones: Frente a usted tiene una muestra de carne cruda marque con una CRUZ sobre la escala la intensidad de los atributos.

ATRIBUTOS

APARIENCIA

Grasa superficial



Magra

Grasosa

Color



Rosa

Rojo

Café

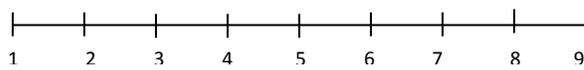
Homogéneo



Heterogéneo

Homogéneo

Brillo



Opaco

Brillo

Fibrosidad

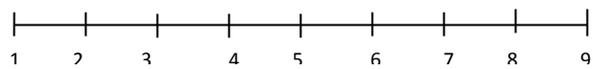


Baja

Alta

OLOR

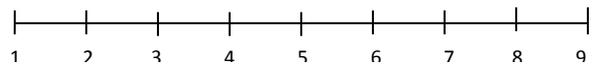
Sangre



Suave

Intenso

Sebo

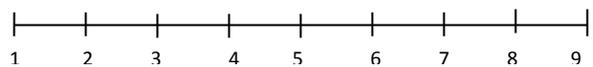


Suave

Intenso

TEXTURA

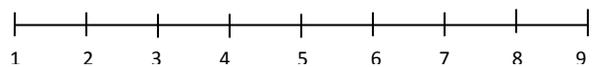
Firmeza



Suave

Firme

Adhesividad



Poca

Mucha

12.14 Cuestionario del perfil sensorial de la carne de ovino a la parrilla



Casa abierta al tiempo

PERFIL SENSORIAL DE CARNE DE OVINO



Nombre:

Fecha:

Juez:

Clave:

Instrucciones: Frente a usted tiene una muestra de carne a la parrilla marque con una CRUZ sobre la escala la intensidad de los atributos.

ATRIBUTOS

APARIENCIA

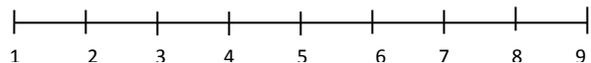
Grasa superficial



Magra

Grasosa

Color



Café

Marrón

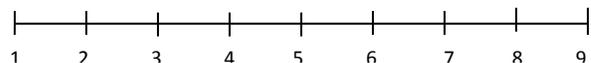
Homogéneo



Heterogéneo

Homogéneo

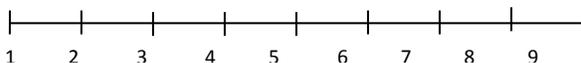
Brillo



Opaco

Brillo

Fibrosidad

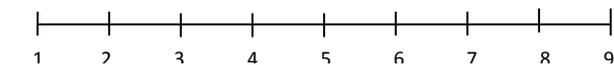


Baja

Alta

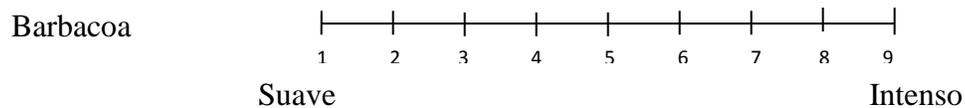
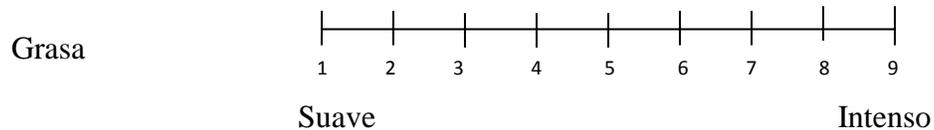
OLOR

Intensidad a carne
asada

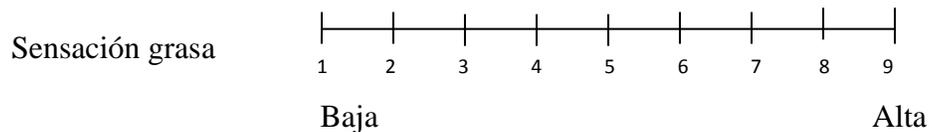
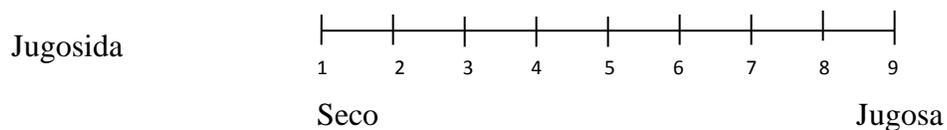
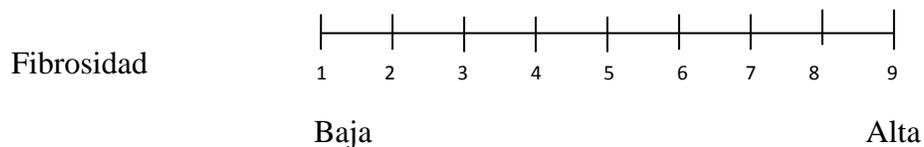
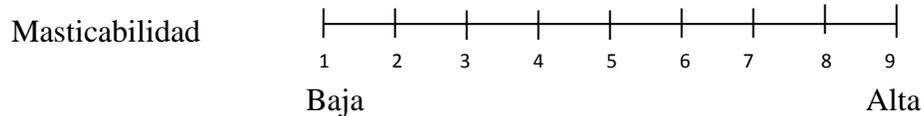
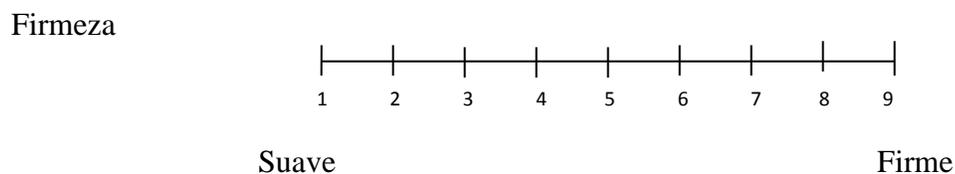


Suave

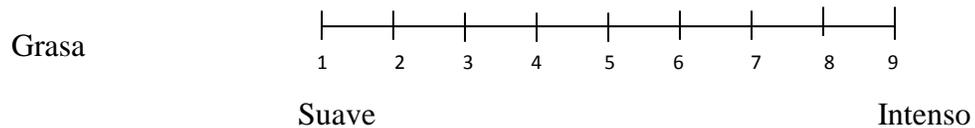
Intenso

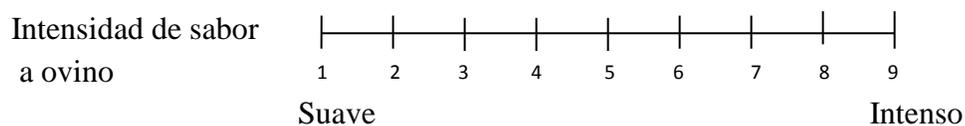


TEXTURA



SABOR





12.15 Estadístico

12.15.1 Aleatorización de pruebas discriminativas

Tabla 28. Combinaciones de las muestras para pruebas discriminativas para tres productos.

Serie	Combinaciones
1	ABB ACC CBB
2	BAA CAA BCC
3	BBA CCA BBC
4	BAB CAC BCB
5	ABA ACA CBC
6	AAB AAC CCB

Tabla 29. Combinaciones de las muestras para prueba discriminativas para dos productos.

Serie	Combinaciones
1	AAB ABB BAB
2	ABA BAA BBA
3	BAB BBA AAB
4	BBA AAB ABA

12.15.2 ANDEVA carne cruda de cerdo, bovino y ovino.

Tabla 30. Análisis de varianza de una vía de carne de ovino, bovino y cerdo.

Atributos	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Sig.
Grasa	124.422	2	62.211	40.641	.000
Color	105.633	2	52.817	52.608	.000
Homogéneo	38.978	2	19.489	20.211	.000
Brillo	.566	2	.283	.317	.730
Fibrosidad	31.042	2	15.521	8.799	.001
Sangre	1.156	2	.578	.273	.762
Sebo	46.096	2	23.048	15.174	.000
Firmeza	24.997	2	12.499	5.344	.009
Adhesividad	4.544	2	2.272	1.429	.251

12.15.3 ANDEVA de carne de ovino, bovino y cerdo a la parrilla.

Tabla 31. Análisis de varianza de carne de ovino, cerdo y bovino a la parrilla.

Atributos	Suma de cuadrados.	Grados de libertad	Cuadrados medios.	F	Sig.
Grasa	60.231	2	30.116	39.604	.000
Color	94.931	2	47.466	47.016	.000
Homogéneo	52.099	2	26.049	24.031	.000
Brillo	6.494	2	3.247	3.561	.039
Fibrosidad	14.711	2	7.356	4.736	.015
Olor Carne Asada	13.151	2	6.575	2.827	.072
Olor grasa	23.699	2	11.849	13.431	.000
Olor barbacoa	.354	2	.177	.886	.421
Firmeza	14.807	2	7.403	3.086	.058
Masticabilidad	6.714	2	3.357	2.747	.078
Fibrosidad	11.608	2	5.804	3.281	.049
Jugosidad	9.868	2	4.934	2.898	.068
Sensación grasa	11.887	2	5.943	6.885	.003
Grasa	12.717	2	6.359	6.443	.004
Intensidad sabor ovino	51.842	2	25.921	17.910	.000

p<0.05

12.15.4 ANDEVA de carne de ovino cruda.

Tabla 32. Análisis de varianza de atributos sensoriales y fisicoquímicos para carne de ovino cruda.

Apariencia Grasa						a*					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	7.07	2.36	13.82	<0.0001 ***	Producto	3	110.81	36.94	10.16	<0.0001 ***
Residuales	320	54.58	0.17			Residuales	320	1163.2	3.64		
Total	323	61.65				Total	323	1274.01			
Color						b*					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	2.3	0.77	0.56	0.6432	Producto	3	88.45	29.48	5.72	0.0008 ***
Residuales	320	439.28	1.37			Residuales	320	1649.81	5.16		
Total	323	441.58				Total	323	1738.26			
Apariencia Homogénea						E*					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	8.88	2.96	8.46	<0.0001 ***	Producto	3	41.43	13.81	0.99	0.3968
Residuales	320	112	0.35			Residuales	320	4455.75	13.92		
Total	323	120.88				Total	323	4497.18			
Brillo						C*					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	12.41	4.14	5.58	0.0010 ***	Producto	3	196.44	65.48	10.77	<0.0001 ***
Residuales	320	237.24	0.74			Residuales	320	1946.22	6.08		
Total	323	249.65				Total	323	2142.66			
Apariencia Fibrosa						h*					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	28.28	9.43	8.08	<0.0001 ***	Producto	3	17.16	5.72	0.15	0.9327
Residuales	320	373.19	1.17			Residuales	320	12605.34	39.39		
Total	323	401.47				Total	323	12622.5			
Olor a Sangre						Esfuerzo de corte -WB					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	9.71	3.24	7.5	<0.0001 ***	Producto	3	29.94	9.98	21.44	<0.0001 ***
Residuales	320	138.15	0.43			Residuales	320	148.95	0.47		
Total	323	147.86				Total	323	178.89			
Olor a Sebo						Dureza TPA					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	1.49	0.5	3.58	0.0142 *	Producto	3	1.04	0.35	3.3	0.0206 *
Residuales	320	44.54	0.14			Residuales	320	33.66	0.11		
Total	323	46.03				Total	323	34.7			
Suavidad Manual						Adhesividad TPA					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	0.2	0.07	0.12	0.9496	Producto	3	318.61	106.2	0.94	0.4235
Residuales	320	179.1	0.56			Residuales	320	36309.02	113.47		
Total	323	179.29				Total	323	36627.63			
Adhesividad Manual						Elasticidad TPA					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	3.81	1.27	3.12	0.0264 *	Producto	3	0.58	0.19	5.65	0.0009 ***
Residuales	320	130.41	0.41			Residuales	320	11.01	0.03		
Total	323	134.22				Total	323	11.59			
pH						Cohesividad TPA					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	0.75	0.25	8.45	<0.0001 ***	Producto	3	1.74	0.58	4.07	0.0073 **
Residuales	320	9.44	0.03			Residuales	320	45.64	0.14		
Total	323	10.18				Total	323	47.38			
Solubilidad de Proteínas Totales						Masticabilidad TPA					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	137.54	45.85	9.18	<0.0001 ***	Producto	3	0.03	0.01	1.02	0.3849
Residuales	320	1598.26	4.99			Residuales	320	2.88	0.01		
Total	323	1735.8				Total	323	2.91			
Solubilidad de Proteínas Sarcoplásmicas						Actividad de las Proteasas Ácidas					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	11.68	3.89	4.49	0.0042 **	Producto	3	373.31	124.44	141.4	<0.0001 ***
Residuales	320	277.46	0.87			Residuales	320	281.61	0.88		
Total	323	289.14				Total	323	654.93			
Solubilidad de Proteínas Miofibrilares						Actividad de las Proteasas Neutras					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	219.26	73.09	16.58	<0.0001 ***	Producto	3	235.1	78.37	142.22	<0.0001 ***
Residuales	320	1410.45	4.41			Residuales	320	176.32	0.55		
Total	323	1629.71				Total	323	411.42			
L*						Equivalentes de citocromo-c					
Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de Variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Producto	3	14.11	4.7	0.29	0.8308	Producto	3	10.24	3.41	0.65	0.5819
Residuales	320	5145.92	16.08			Residuales	320	1674.69	5.23		
Total	323	5160.04				Total	323	1684.93			

* significativo al 5 %

** significativo al 1 %

*** significativo al 0.1 %

12.15.5 ANDEVA de carne de ovino cruda.

Tabla 33. Análisis de varianza de atributos sensoriales y fisicoquímicos para carne de ovino a la parrilla.

Apariencia Grasa						Intensidad a Flavor a Ovíno					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	2.2	0.73	4.19	0.0063 **	Productos	3	0.49	0.16	0.75	0.5253
Residuales	320	55.98	0.17			Residuales	320	70.63	0.22		
Total	323	58.18				Total	323	71.12			
Color						Humedad					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	23.64	7.88	3.97	0.0085 **	Productos	3	549.97	183.32	5.23	0.0016 **
Residuales	320	635.9	1.99			Residuales	320	11225.19	35.08		
Total	323	659.54				Total	323	11775.17			
Apariencia Homogénea						L*					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	2.54	0.85	4.16	0.0065 **	Productos	3	86.44	28.81	1.24	0.2948
Residuales	320	64.94	0.2			Residuales	320	7429.27	23.22		
Total	323	67.47				Total	323	7515.71			
Brillo						a*					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	7.24	2.41	3.13	0.0259 *	Productos	3	0.45	0.15	0.05	0.9836
Residuales	320	246.57	0.77			Residuales	320	901.05	2.82		
Total	323	253.81				Total	323	901.51			
Apariencia Fibrosa						b*					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	6.23	2.08	2.79	0.0408 *	Productos	3	93.94	31.31	4.86	0.0026 **
Residuales	320	238.39	0.74			Residuales	320	2062.11	6.44		
Total	323	244.62				Total	323	2156.05			
Intensidad de Olor a Carne Asada						E*					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	0.65	0.22	0.19	0.903	Productos	3	1868.48	622.83	95.46	<0.0001 ***
Residuales	320	366.4	1.15			Residuales	320	2087.78	6.52		
Total	323	367.05				Total	323	3956.26			
Olor a Grasa						C*					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	1.74	0.58	3.42	0.0177 *	Productos	3	74.98	24.99	3.65	0.0129 *
Residuales	320	54.29	0.17			Residuales	320	2189.61	6.84		
Total	323	56.03				Total	323	2264.59			
Dureza Sensorial						h*					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	10.31	3.44	7.11	0.0001 ***	Productos	3	202.33	67.44	2.34	0.0735
Residuales	320	154.69	0.48			Residuales	320	9230.76	28.85		
Total	323	165				Total	323	9433.09			
Fibrosidad						Esfuerzo de Corte-WB					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	8	2.67	4.87	0.0025 **	Productos	3	31.49	10.5	7.21	0.0001 ***
Residuales	320	175.45	0.55			Residuales	320	465.72	1.46		
Total	323	183.46				Total	323	497.21			
Masticabilidad						Dureza TPA					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	13.55	4.52	10.52	<0.0001 ***	Productos	3	0.28	0.09	1.71	0.1657
Residuales	320	137.43	0.43			Residuales	320	17.46	0.05		
Total	323	150.98				Total	323	17.73			
Jugosidad						Cohesividad TPA					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	3.1	1.03	2.27	0.0803	Productos	3	176.51	58.84	2.32	0.0753
Residuales	320	145.73	0.46			Residuales	320	8114.5	25.36		
Total	323	148.84				Total	323	8291.01			
Sensación Grasa						Masticabilidad					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	1	0.33	1.32	0.2671	Productos	3	30.3	10.1	1.43	0.2326
Residuales	320	80.88	0.25			Residuales	320	2253.15	7.04		
Total	323	81.88				Total	323	2283.45			
Sabor a Grasa						Equivalentes de citocromo-c en carne cruda					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	0.52	0.17	0.79	0.4986	Productos	3	10.24	3.41	0.65	0.5819
Residuales	320	70.46	0.22			Residuales	320	1674.69	5.23		
Total	323	70.98				Total	323	1684.93			
Equivalentes de citocromo-c en carne a la parrilla						Equivalentes de citocromo-c en carne a la parrilla					
Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.	Fuentes de variación	D.F.	S.S.	M.S.	Comp. F	Proba.
Productos	3	0.84	0.28	1.9	0.1303	Productos	3	0.84	0.28	1.9	0.1303
Residuales	320	47.13	0.15			Residuales	320	47.13	0.15		
Total	323	47.97				Total	323	47.97			

* significativo al 5 %

** significativo al 1 %

*** significativo al 0.1 %

12.15.6 Análisis de componentes principales

Tabla 34. Correlación entre las variables para carne cruda almacenada durante 14 días a 4 °C

	ApGr	Color	Hom	BR	FB	OS	Ose	SM	AM	pH	SPT	SPS	SMP	L*	a*	b*	ΔE*	C*	h°	WB	DR	AD	EL	CH	MAS	PrA	PrN
Apariencia grasa	1.00																										
Color	0.74	1.00																									
Apariencia homogénea	-0.98	-0.64	1.00																								
Brillo	0.59	0.86	-0.41	1.00																							
Fibrosidad	-0.56	-0.90	0.39	-0.99	1.00																						
Olor a Sangre	0.50	0.88	-0.32	0.98	-1.00	1.00																					
Olor a sebo	0.24	0.82	-0.09	0.83	-0.90	0.92	1.00																				
Suavidad Manual	0.47	0.86	-0.29	0.98	-0.99	1.00	0.92	1.00																			
Adhesividad Manual	-0.64	-0.90	0.48	-1.00	0.99	-0.98	-0.83	-0.98	1.00																		
pH	-0.61	0.09	0.70	0.19	-0.27	0.34	0.62	0.36	-0.15	1.00																	
Solubilidad de proteínas totales	0.52	0.87	-0.34	0.99	-1.00	1.00	0.90	1.00	-0.99	0.30	1.00																
Solubilidad de proteínas sarcoplásmicas	-0.54	-0.74	0.35	-0.98	0.94	-0.94	-0.74	-0.94	0.96	-0.14	-0.95	1.00															
Solubilidad de proteínas miofibrilares	0.52	0.85	-0.34	1.00	-0.99	1.00	0.88	0.99	-0.99	0.28	1.00	-0.97	1.00														
L*	0.46	0.75	-0.26	0.98	-0.96	0.96	0.80	0.96	-0.96	0.27	0.97	-0.99	0.98	1.00													
a*	-0.50	-0.88	0.32	-0.98	1.00	-1.00	-0.92	-1.00	0.98	-0.34	-1.00	0.93	-0.99	-0.96	1.00												
b*	0.42	0.82	-0.23	0.98	-0.99	0.99	0.92	1.00	-0.96	0.40	0.99	-0.94	0.99	0.97	-0.99	1.00											
ΔE*	-0.98	-0.79	0.98	-0.54	0.54	-0.48	-0.30	-0.46	0.61	0.53	-0.49	0.45	-0.49	-0.39	0.48	-0.39	1.00										
C*	0.40	0.84	-0.22	0.96	-0.98	0.99	0.95	1.00	-0.95	0.44	0.99	-0.92	0.98	0.95	-0.99	1.00	-0.39	1.00									
h°	0.39	-0.11	-0.32	0.23	-0.08	0.05	-0.33	0.04	-0.19	-0.62	0.11	-0.39	0.15	0.29	-0.05	0.07	-0.19	-0.01	1.00								
WB- esfuerzo de corte	-0.72	-0.90	0.57	-0.98	0.97	-0.95	-0.77	-0.94	0.99	-0.03	-0.96	0.95	-0.97	-0.94	0.95	-0.93	0.68	-0.91	-0.27	1.00							
Dureza-TPA	-0.75	-0.89	0.59	-0.98	0.96	-0.94	-0.74	-0.93	0.99	0.01	-0.95	0.95	-0.95	-0.93	0.94	-0.91	0.70	-0.89	-0.30	1.00	1.00						
Adhesividad TPA	-0.64	-0.83	0.47	-0.99	0.96	-0.95	-0.76	-0.95	0.99	-0.08	-0.97	0.99	-0.98	-0.98	0.95	-0.94	0.58	-0.92	-0.34	0.99	0.99	1.00					
Elasticidad- TPA	0.56	-0.10	-0.70	-0.30	0.36	-0.43	-0.65	-0.46	0.25	-0.98	-0.40	0.30	-0.39	-0.41	0.43	-0.50	-0.54	-0.53	0.44	0.14	0.10	0.21	1.00				
Cohesividad-TPA	0.25	0.82	-0.09	0.86	-0.92	0.94	1.00	0.94	-0.86	0.61	0.92	-0.78	0.90	0.84	-0.94	0.94	-0.29	0.96	-0.28	-0.79	-0.77	-0.79	-0.65	1.00			
Masticabilidad-TPA	-0.71	-0.91	0.56	-0.99	0.98	-0.96	-0.79	-0.95	1.00	-0.06	-0.97	0.95	-0.97	-0.94	0.96	-0.93	0.68	-0.92	-0.23	1.00	1.00	0.99	0.16	-0.81	1.00		
Actividad de las proteasas ácidas	-0.69	-0.66	0.53	-0.90	0.83	-0.81	-0.51	-0.80	0.89	0.17	-0.84	0.95	-0.86	-0.90	0.80	-0.80	0.57	-0.76	-0.62	0.92	0.93	0.95	0.00	-0.55	0.90	1.00	
Actividad de las proteasas neutras	0.59	-0.06	-0.72	-0.28	0.33	-0.40	-0.62	-0.43	0.22	-0.97	-0.37	0.28	-0.36	-0.39	0.40	-0.47	-0.57	-0.50	0.42	0.11	0.07	0.19	1.00	-0.62	0.13	-0.02	1.00

Tabla 35. Valores propios para cada una de las variables para carne cruda con respecto a los componentes

Variable	Axis 1 EigenV.	Axis 2 EigenV.
Apariencia grasa	-0.13	-0.33
Color	-0.20	-0.07
Apariencia		
Homogénea	0.09	0.36
Brillo	-0.22	-0.01
Fibrosidad	0.22	-0.02
Olor a sebo	-0.22	0.05
Olor a grasa	-0.20	0.17
Suavidad manual	-0.22	0.06
Adhesividad		
Manual	0.22	0.03
pH	-0.05	0.40
Solubilidad de		
proteínas totales	-0.22	0.04
Solubilidad de		
proteínas sarcoplásmicas	0.22	0.02
Solubilidad de		
proteínas miofibrilares	-0.22	0.03
L*	-0.22	0.03
a*	0.22	-0.05
b*	-0.22	0.08
ΔE^*	0.13	0.31
C*	-0.22	0.10
h°	-0.03	-0.24
WB-esfuerzo de corte	0.22	0.08
Dureza-TPA	0.22	0.10
Adhesividad-TPA	0.22	0.05
Elasticidad-TPA	0.07	-0.39
Cohesividad-TPA	-0.20	0.17
Masticabilidad-TPA	0.22	0.07
Actividad proteasas ácidas	0.19	0.14
Actividad proteasas neutras	0.07	-0.40

Tabla 36. Correlación entre las variables de carne de ovino a la parrilla almacenada durante 14 días.

	GrAp	Color	HomAp	BR	FB	InOI	OG	DuTxt	FBTxt	MASTxt	JU	SensGras	SabGras	Flah	Hume	L*	a*	b*	ΔE*	C*	h°	WB	Du	CH	CW	cc-equivraw	cc-equiva	
Apariencia grasa	1.00																											
Color	-0.55	1.00																										
Apariencia homogénea	-0.98	0.41	1.00																									
Brillo	-0.89	0.51	0.79	1.00																								
Fibrosidad	0.25	0.27	-0.19	-0.59	1.00																							
Olor intensificada carne asada	-0.46	-0.21	0.42	0.71	-0.97	1.00																						
Olor a grasa	0.75	-0.86	-0.59	-0.86	0.25	-0.32	1.00																					
Dureza	0.96	-0.35	-0.94	-0.93	0.49	-0.68	0.67	1.00																				
Fibrosidad	0.99	-0.62	-0.95	-0.91	0.26	-0.45	0.82	0.95	1.00																			
Masticabilidad	0.95	-0.27	-0.98	-0.83	0.39	-0.60	0.55	0.98	0.92	1.00																		
Jugosidad	0.20	0.54	-0.40	0.12	-0.07	-0.11	-0.50	0.25	0.08	0.43	1.00																	
Sensación grasa	0.64	-0.98	-0.49	-0.65	-0.10	0.03	0.94	0.48	0.72	0.38	-0.54	1.00																
Sabor a grasa	0.16	-0.89	-0.05	-0.06	-0.63	0.62	0.54	-0.09	0.24	-0.14	-0.57	0.80	1.00															
Intensidad sabor a ovino	-0.96	0.66	0.88	0.96	-0.36	0.51	-0.89	-0.93	-0.98	-0.86	0.07	-0.77	-0.25	1.00														
Humedad	0.32	-0.20	-0.16	-0.72	0.85	-0.79	0.63	0.46	0.38	0.29	-0.53	0.35	-0.15	-0.53	1.00													
L*	-0.08	-0.79	0.21	0.08	-0.58	0.65	0.44	-0.30	0.01	-0.38	-0.74	0.69	0.96	-0.06	-0.08	1.00												
a*	0.12	-0.79	-0.07	0.08	-0.80	0.76	0.37	-0.15	0.17	-0.15	-0.36	0.67	0.97	-0.14	-0.39	0.89	1.00											
b*	-0.04	-0.81	0.20	-0.01	-0.46	0.54	0.52	-0.25	0.05	-0.35	-0.81	0.73	0.94	-0.12	0.06	0.99	0.84	1.00										
ΔE*	-0.84	0.48	0.73	1.00	-0.66	0.75	-0.85	-0.90	-0.87	-0.79	0.18	-0.63	-0.03	0.93	-0.78	0.09	0.14	-0.01	1.00									
C*	-0.01	-0.83	0.16	-0.03	-0.47	0.54	0.54	-0.22	0.08	-0.32	-0.80	0.75	0.95	-0.15	0.06	0.99	0.85	1.00	-0.03	1.00								
h°	-0.05	-0.81	0.19	0.02	-0.53	0.60	0.49	-0.26	0.05	-0.35	-0.77	0.72	0.95	-0.11	-0.01	1.00	0.88	1.00	0.03	1.00	1.00							
WB-esfuerzo de corte	0.97	-0.55	-0.98	-0.75	0.04	-0.27	0.64	0.89	0.95	0.92	0.32	0.60	0.23	-0.88	0.08	-0.04	0.24	-0.04	-0.68	-0.01	-0.02	1.00						
Dureza-TPA	-0.73	0.96	0.64	0.60	0.27	-0.14	-0.84	-0.53	-0.78	-0.49	0.28	-0.95	-0.79	0.77	-0.11	-0.62	-0.74	-0.62	0.54	-0.65	-0.64	-0.75	1.00					
Cohesividad-TPA	-0.62	-0.19	0.77	0.33	-0.10	0.33	0.05	-0.66	-0.53	-0.79	-0.89	0.14	0.40	0.40	0.25	0.64	0.26	0.69	0.27	0.66	0.65	-0.71	0.10	-0.39				
Masticabilidad-TPA	-0.66	-0.14	0.80	0.36	-0.09	0.33	0.00	-0.69	-0.57	-0.81	-0.87	0.09	0.36	0.43	0.23	0.61	0.23	0.65	0.30	0.63	0.62	-0.74	0.15	-0.41	1.00			
Citocromo-c equivalentes carne cruda	-0.90	0.38	0.83	0.99	-0.64	0.78	-0.77	-0.96	-0.91	-0.89	-0.03	-0.53	0.08	0.94	-0.68	0.24	0.21	0.15	0.98	0.13	0.18	-0.77	0.50	-0.98	1.00	1.00		
Citocromo-c equivalentes carne parrilla	-0.89	0.24	0.86	0.94	-0.66	0.81	-0.64	-0.98	-0.88	-0.94	-0.20	-0.39	0.22	0.89	-0.60	0.40	0.32	0.32	0.93	0.30	0.35	-0.78	0.40	-0.97	0.46	0.48	1.00	

Tabla 37. Valores propios para cada una de las variables para carne a la parrilla con respecto a los componentes

Variable	Axis 1 EigenV.	Axis 2 EigenV.
Apariencia grasa	-0.26	-0.03
Color	0.12	0.28
Apariencia homogénea	0.24	-0.01
Brillo	0.26	0.03
Apariencia fibrosa	-0.13	0.16
Olor a intensidad a carne asada	0.18	-0.17
Olor a grasa	-0.20	-0.19
Dureza	-0.26	0.04
Fibrosidad	-0.26	-0.06
Masticabilidad	-0.25	0.07
Jugosidad	-0.03	0.23
Sensación grasa	-0.15	-0.26
Sabor a grasa	0.00	-0.31
Intensidad sabor a ovino	0.26	0.08
Humedad	-0.14	-0.01
L*	0.05	-0.31
a*	0.02	-0.28
b*	0.03	-0.31
ΔE^*	0.25	0.03
C*	0.03	-0.31
h°	0.04	-0.31
WB-esfuerzo de corte	-0.23	-0.04
Dureza-TPA	0.16	0.24
Cohesividad-TPA	0.15	-0.18
Masticabilidad	0.16	-0.16
Citocromo-c equivalentes carne cruda	0.26	-0.02
Citocromo-c equivalentes carne a la parrilla	0.26	-0.07

12.15.7 Análisis factorial múltiple

Tabla 38. . Correlación entre las variables de proteómica, sensorial y fisicoquímicos

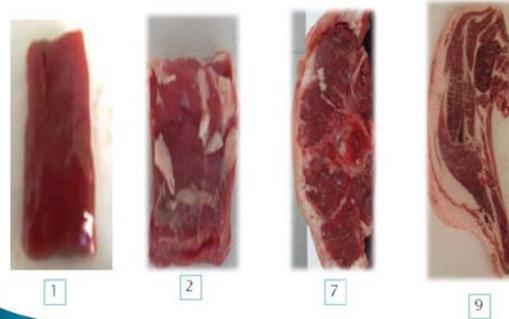
Variab les	dens d	dens d'	dens d''	dens v	dens m	dens m'	DuT xt	Chewin es	SM	WBpar ri	Wbcru da	DR	PrA	PrN
dens d	1.00	-0.72	-0.72	1.00	0.30	-0.34	-0.97	-0.97	-	-0.99	0.96	-	-	-
dens d'	-0.72	1.00	1.00	-0.78	0.44	-0.40	0.53	0.54	0.98	0.62	-0.50	0.96	0.99	0.30
dens d''	-0.72	1.00	1.00	-0.78	0.44	-0.40	0.53	0.54	0.56	0.62	-0.50	0.50	0.65	0.88
dens v	1.00	-0.78	-0.78	1.00	0.22	-0.27	-0.95	-0.95	-	-0.98	0.93	-	-	-
dens m	0.30	0.44	0.44	0.22	1.00	-1.00	-0.52	-0.51	0.96	-0.43	0.56	-	-	0.82
dens m'	-0.34	-0.40	-0.40	-0.27	-1.00	1.00	0.57	0.55	0.49	0.47	-0.60	0.60	0.44	-
DuT xt	-0.97	0.53	0.53	-0.95	-0.52	0.57	1.00	1.00	1.00	0.99	-1.00	1.00	0.99	0.06
MAST xt	-0.97	0.54	0.54	-0.95	-0.51	0.55	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	0.99	0.08
SM	-0.98	0.56	0.56	-0.96	-0.49	0.54	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	0.99	0.09
WBpar ri	-0.99	0.62	0.62	-0.98	-0.43	0.47	0.99	1.00	1.00	1.00	-0.99	0.99	1.00	0.17
Wbcru da	0.96	-0.50	-0.50	0.93	0.56	-0.60	-1.00	-1.00	-	-0.99	1.00	-	-	-
DR	-0.96	0.50	0.50	-0.93	-0.55	0.60	1.00	1.00	1.00	0.99	-1.00	1.00	0.98	0.02
PrA	-0.99	0.65	0.65	-0.98	-0.39	0.44	0.99	0.99	0.99	1.00	-0.98	0.98	1.00	0.20
PrN	-0.30	0.88	0.88	-0.38	0.82	-0.79	0.06	0.08	0.09	0.17	-0.02	0.02	0.20	1.00

12.16 Estándares de carne de ovino cruda y a la parrilla en imágenes

Carne Cruda Estándares

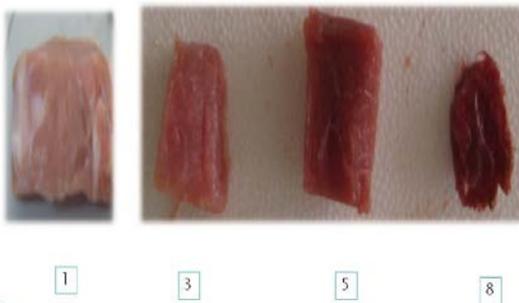
GRASA

Presencia o ausencia de grasa en la superficie de la carne



COLOR

Color típico de la carne de ovino de diferentes edades



BRILLANTE

Contenido de líquido en la superficie de la carne



FIBROSIDAD

Cuantificación de número de fibras en la carne



HOMOGÉNEO

Cuantificación de variación en la apariencia.

Homogéneo: trozo de carne magra

Heterogéneo: trozo de carne con presencia de grasa y tejido conectivo



COLOR

COLOR CARACTERÍSTICO DE LA CARNE COCIDA DE OVINO



1 3 7 8

HOMOGÉNEA

CUANTIFICACIÓN DE VARIACIONES EN LA APARIENCIA
HOMOGÉNEO: TROZO DE CARNE MAGRA.

HETEROGÉNEO: PRESENCIA GRASA Y TEJIDO CONECTIVO.



3 4 8

BRILLO

ÓPACO: CARNE SIN HUMEDAD SUPERFICIAL
BRILLANTE: CARNE CON APARIENCIA HUMEDA



3 5 7 8

FIBROSIDAD

CUANTIFICACIÓN DEL NÚMERO DE FIBRAS EN LA CARNE



3 5 7 8

13. Productos generados

13.1 Publicación

Isadora Martínez-Arellano, Patricia Severiano-Pérez, Francisco José Fernández and Edith Ponce-Alquicira. Changes in the physicochemical and sensory characteristics in raw and grilled ovine meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93(7): 1743-1750.

13.2 Congresos

Institute of Food Technologists 2012

“Protein Markers for Tenderness and Color in Ovine Meat During Storage Under Refrigeration”
Las Vegas, Nevada, E.U.A., Junio 2012

XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería

“Efecto del almacenamiento en la fracción miofibrilar de la carne de ovino”
Juriquilla, Qro, Junio 2011.

Coloquio Nacional de Ciencia y Tecnología de la carne 2011

“Efecto de la refrigeración en la actividad proteolítica y textura de la carne de ovino”
Rectoría General Universidad Autónoma Metropolitana, Julio 2011.

Institute of Food Technologists 2010

“Variation in some sensory and physicochemical ovine meat parameters during storage under refrigeration”
Chicago, IL, E.U.A, Julio 2010

63rd Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association

“Principal component analysis of physicochemical and sensory attributes of refrigerated ovine meat”
Texas Tech University, 20–23 Junio 2010, Lubbock, Texas, E.U.A

Coloquio Nacional de Ciencia y Tecnología de la carne 2009

“Cambios en las propiedades fisicoquímicas y estructurales de la carne de ovino en refrigeración”.
“Selección y entrenamiento de un panel para la evaluación sensorial de carne”
UAM-I, México, Noviembre.

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Iztapalapa
aprobó la comunicación de los resultados que presentó:

M. en B. Isadora Martínez Arellano

El día 21 de junio de 2013

Comité de Tutores:

Dra. Edith Ponce Alquicira
Directora de tesis



Dra. Patricia Severiano Pérez
Co-Directora de tesis



Dr. Francisco José Fernández Perrino
Asesor de tesis

Jurado:

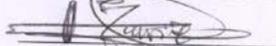
Presidente: Dr. Francisco J. Fernández Perrino



Secretario: Dr. Héctor Escalona Buendía



Vocal: Dr. Efrén Ramírez Bibriesca



Vocal: Dra. María del Carmen Escobar Villanueva

