UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS TECNOLOGIA E INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS

PROCESOS CARNICOS

CARLOS RAMON VIDAL TOVAR
(Director Nacional)

RUTH ISABEL RAMIREZ
Acreditador

Valledupar, Julio del 2012

VALLEDUPAR

NOVIEMBRE de 2011

ASPECTOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL Y VERSIONAMIENTO

El modulo a continuación presentado es a partir de la necesidad de profundizar las temáticas de la ingeniería de alimentos aplicadas a los procesos cárnicos; es el resultado de la compilación por parte del Ingeniero de Alimentos Carlos Ramón Vidal Tovar, egresado de la UNAD; Especialista en Ingeniería de Procesos Industriales; Magister en ciencia y Tecnología de Alimentos y Candidato a Doctor en Ciencias.

El contenido temático es ofrecido con la asesoría de la Coordinación Nacional del Programa de Ingeniería de Alimentos de la UNAD y acreditado por la Ingeniera de Alimentos Ruth Isabel Ramírez Acero.

INTRODUCCIÓN

El modulo Procesos cárnicos esta conformado por tres unidades acordes a la exigencia de la universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, este tiene tres unidades temáticas organizadas así: La unidad 1, Bioquímica de la carne y materia primas utilizadas en procesos cárnicos analiza la constitución del tejido muscular, sus componentes y su importancia para la formación de la carne, la importancia de su composición y los cambios bioquímicos ocurridos para la conversión del musculo en Carne, sus efectos sobre sus componentes, los parámetros de calidad y las posibles alteraciones del músculos y la repercusión sobre la calidad de la carne. Además se tratan las diferentes materias primas que pueden utilizarse en la fabricación de productos cárnicos tomando como base sus efectos en el producto terminado desde el punto de vista físico – químico y sensorial.

La Unidad 2: Operaciones en los procesos de la industria cárnica, contiene tres temas de importancia en los procesos cárnicos: el salado, el emulsificado y el fermentado desde el punto de vista de su bioquímica. En el salado, como se da la interacción de la sal y los componentes de la carne en especial las proteínas y la grasa, su cinética y la importancia de la concentración de la sal en sus efectos de curado, reacciones bioquímicas y las características fisicoquímicas y sensoriales del producto terminado. De igual forma, para el emulsificado, como los componentes participantes coadyuvan para la formación de la emulsión y cada uno de los posibles métodos a utilizar. En la Bioquímica de productos cárnicos fermentados se puede analizar como interactúan las materias primas utilizadas, los componentes de la carne y los microrganismos utilizados en el proceso de fabricación.

La Unidad 3: Operaciones de control en los procesos cárnicos, se fundamenta en tres aspectos claves de los procesos cárnicos: Los balances de masa; transferencia de calor y muerte térmica y los productos cárnicos enlatados desde la aplicación de la esterilización. Específicamente se tratan conceptos claves para utilizar el cuadrado de Pearson como estrategia de cálculo para diferentes productos cárnicos; Como calcular la pasteurización o cocción de productos cárnicos, la cinética de la muerte térmica de M.O. y el cálculo del tiempo de reducción decimal. Así mismo, para los productos cárnicos

esterilizados se aporta como calcular las temperaturas de esterilización, letalidad total, el valor F y como evaluar los procesos de tratamiento térmico aplicados.

En este orden, se ofrece al futuro egresado de la ingeniería de alimentos los conceptos necesarios para adquirir las competencias exigidas en el entorno competitivo.

INDICE DE CONTENIDO

UNIDAD 1. BIOQUÍMICA DE LA CARNE Y MATERIA PRIMAS UTILIZADAS EN PROCESOS CÁRNICOS.

Capitulo 1. Constitución del tejido muscular.
Lección 1. Estructura del Tejido Muscular 12
Lección 2. Composición de la Carne 19
Lección 3. Compuestos nitrogenados de la carne 20
Lección 4. Lípidos de la carne 28
Lección 5. Agua, Carbohidratos y otros constituyentes de la carne 30

Capitulo 2. Proceso de Conversión del Músculo en Carne y Factores de Calidad de la Carne
Lección 6. Rigor mortis 36
Lección 7. Cambios Bioquímicos en el Músculo Postmortem 38
Lección 8. El concepto de calidad de la carne 42
Lección 9. Parámetros que definen la calidad Organoléptica de la Carne 52
Lección 10. Alteraciones del músculo post-mortem 64

Capitulo 3. Materias Primas Utilizadas en la Formulación de Productos Cárnicos
Lección 11. Importancia de la grasa y el agua 71
Lección 12. Utilización de la sal 73
Lección 13. Polifosfatos. 75
Lección 14. Hidrocoloides 81
Lección 15. Proteínas, hidratos de carbono y otros componentes 83

UNIDAD 2. OPERACIONES EN LOS PROCESOS DE LA INDUSTRIA CÁRNICA

Capitulo 4. El Salado, operación básica en los procesos Cárnicos

Lección 16. El proceso de salado 89

Lección 17. Cinéticas de salado. 92

Lección 18. Importancia de la Expresión de la concentración de sal 93

Lección 19. Influencia de la sal en el comportamiento de las Proteínas y Grasas. 94

Lección 20. Tendencias en el proceso de salado 97

Capitulo 5. Factores de importancia en la Formación de la Emulsión en Productos Cárnicos.

Lección 21. Características de la materia prima 100

Lección 22. Importancia de la grasa en la formación de la Emulsión 103

Lección 23. Utilización de aditivos para la formación de la Emulsión 105

Lección 24. Formación de la emulsión en la Producción de embutidos 110

Lección 25. El Ahumado, la cocción y enfriado de Productos Cárnicos Emulsificados 114

Capitulo 6. Bioquímica de Productos Cárnicos fermentados

Lección 26. Influencia de las Materias Primas en los Productos Cárnicos Fermentados 117

Lección 27. Microrganismos Utilizados en la Producción de Embutidos Fermentados 121

Lección 28. Proteólisis en Jamón curado. 125

Lección 29. Lipólisis en el jamón curado 128

Lección 30. Glucolisis, Generación de aminas biógenas y Transformación de nucleótidos y nucleósidos. 132

UNIDAD 3. OPERACIONES DE CONTROL EN LOS PROCESOS CÁRNICOS.

Capitulo 7. Balances de masas aplicados en los procesos cárnicos

Lección 31. Conceptos Básicos de Balance de materia aplicados a Procesos Cárnicos 136
Lección 32. Calculo para productos cárnicos frescos 139
Lección 33. Cálculos para Productos cárnicos curados 140
Lección 34. Calculo para Productos cárnicos curados sin hueso 141
Lección 35. Cálculos para productos Emulsificados 142

Capítulo 8. Conceptos de Transferencia de Calor y Muerte Térmica Aplicados en los Procesos Cárnicos.

Lección 36. Conceptos Básicos de transferencia de calor Aplicado a Procesos Cárnicos 146
Lección 37. Cinética de la muerte térmica de microrganismos 147
Lección 38. Tiempo de reducción decimal 149
Lección 39. Desarrollo de una Pasteurización en Ciclo Real 154
Lección 40. Pasteurización de alimentos envasados 157

Capitulo 9. Productos cárnicos enlatados y Cálculo de la letalidad.
Lección 41. Cálculo De Las Temperaturas De Esterilización 159
Lección 42. Letalidad Total - El Valor F 161
Lección 43. Dinámica del calentamiento del punto frio en el enlatado 165
Lección 44. Descripción de los parámetros de penetración de calor 167
Lección 45. Métodos para evaluar el tratamiento térmico 171

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Composición química media de la carne en porcentaje 19
Tabla 2. Composición Proteica de las Miofibrillas musculares 24
Tabla 3. Ácidos grasos del componente graso de la carne 30
Tabla 4. Grado de saturación de los ácidos grasos componentes De los Lípidos del tejido muscular de diversas especies 30
Tabla 5. Proteasas involucradas en la maduración de la carne 40
Tabla 6. Clasificación de la calidad de la carne de cerdo 68
Tabla 7. Categorías de calidad de carne en función del pH, Color y Pérdidas por goteo 69
Tabla 8. Fosfatos de uso permitido en la industria cárnica 77
Tabla 9. Propiedades de Hidrocoloides 81
Tabla 10. Proteínas no cárnicas utilizadas en la elaboración de Productos Cárnicos 84
Tabla 11. Ejemplos de productos Cárnicos disponibles en el mercado 86

LISTADO DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Representación tridimensional del Músculo esquelético 13
Figura 2. Componentes del musculo esquelético 14
Figura 3. Estructura de las fibras musculares 15
Figura 4. Representación esquemática del músculo esquelético 16
Figura 5. Estructura muscular 18
Figura 6. Aspectos que definen la calidad de la carne 65
Figura 7. Propiedades de diferentes fosfatos 80
Figura 8. Flujos de masa durante el Proceso de salado 90
Figura 9. Mecanismo hidrodinámico durante la aplicación de pulso de Vacío en el proceso de salado 91
Figura 10. Esquema general de las etapas de la proteólisis 126
Figura 11. Esquema general de la lipolisis en el procesamiento de Jamón curado 129
Figura 12. Esquema general de la lipolisis en el tejido adiposo durante el Procesamiento de jamón curado. 130
Figura 13. Ubicación del punto crítico de calentamiento en envases cilíndricos 168

UNIDAD 1

BIOQUÍMICA DE LA CARNE Y MATERIA PRIMAS UTILIZADAS EN PROCESOS CÁRNICOS

Nombre de la Unidad	Bioquímica de la carne y Materia primas utilizadas en procesos Cárnicos.
Introducción	Se analiza la constitución del tejido muscular, sus componentes y su importancia para la formación de la carne, la importancia de su composición y los cambios bioquímicos ocurridos para la conversión del musculo en Carne, sus efectos sobre sus componentes, los parámetros de calidad y las posibles alteraciones del músculos y la repercusión sobre la calidad de la carne. Además se tratan las diferentes materias primas que pueden utilizarse en la fabricación de productos cárnicos tomando como base sus efectos en el producto terminado desde el punto de vista físico – químico y sensorial.
Justificación	El procesamiento de carnes incluye aspectos diversos ha tener en cuenta para la obtención de productos cárnicos de calidad organoléptica y físico química, entre estos aspectos, se encuentran la constitución del tejido muscular, los tipos de carne teniendo en cuenta su grado de dureza y frescura; las materias primas utilizadas y su calidad y forma de uso en cada formulación de producto terminado. Por lo que es necesario que el ingeniero de alimentos se forme conceptualmente sobre estos temas con el fin de aplicarlos en cada proceso donde su campo laboral se lo exija.

Intencionalidades Formativas	1. Conocer e identificar los cambios de estructura y composición del tejido muscular durante los procesos cárnicos 2. Analizar los cambios bioquímicos que ocurren en la transformación del músculo en carne y sus efectos en el procesamiento de cárnicos. 3. Conocer y determinar la influencia de las materias primas utilizadas en el procesamiento de carnes y sus efectos en los productos terminados.
Denominación de capítulos	Capitulo 1. Constitución del tejido muscular. Capitulo 2. Proceso de Conversión del Músculo en Carne y Factores de Calidad de la Carne. Capitulo 3. Materias Primas Utilizadas en la Formulación de Productos Cárnicos.

CAPITULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS Y BIOQUÍMICA DE LA CARNE.

Introducción

En este capítulo se aborda la temática necesaria para que el ingeniero de alimentos pueda tener en cuenta al momento de enfrentarse a un proceso los conceptos sobre la Estructura del Tejido Muscular; la Composición de la Carne y su importancia en el procesamiento; los Compuestos nitrogenados de la carne; los Lípidos de la carne; el Agua, Carbohidratos y otros constituyentes de la carne que al momento de procesarla deben ser conocidos sus funciones en la estructura o conformación del tejido muscular.

Lección 1. Estructura del Tejido Muscular

Los músculos son estructuras complejas que están formadas por varios elementos que interaccionan entre sí para formar una jerarquía estructural (Polo, 2003).

La unidad estructural del músculo es la célula muscular o fibra muscular. Es una célula de forma alargada que contiene gran cantidad de núcleos distribuidos por toda su longitud, así como un haz de largas fibrillas proteicas, de 1-2 micrómetros de diámetro, paralelas a lo largo de la célula, que constituyen el aparato contráctil. Estas fibrillas, denominadas miofibrillas, están formadas por dos filamentos proteicos: los filamentos gruesos, constituidos por moléculas de miosina, y los filamentos delgados, constituidos por moléculas de actina principalmente. La fibra muscular, está separada por una membrana llamada sarcolema, que se pliega en involuciones dentro de la célula formando los túbulos T; esta organización interviene en el mecanismo de la transmisión nerviosa y de la contracción (Primo, 1998). Sobre la membrana celular, cada fibra muscular se encuentra rodeada de tejido conjuntivo formando una capa llamada endomisio. Un haz de fibras musculares conforma una nueva unidad estructural, envuelta a su vez por otra capa más gruesa de tejido conjuntivo, que se denomina perimisio. Al conjunto de haces envueltos por una capa más gruesa aún de tejido conjuntivo se le llama epimisio. El epimisio en los extremos del músculo, termina en tendones que se unen al esqueleto (Torres, 2008)

Existen tres tipos diferentes de musculatura en los animales:

- Músculo estriado voluntario o músculo esquelético
- Músculo estriado involuntario o músculo cardiaco
- Músculo liso o involuntario de las vísceras y vasos sanguíneos.

Bajo la denominación de músculo estriado se incluye un grupo heterogéneo de tejidos musculares que guardan una semejanza básica con el músculo esquelético de los vertebrados aunque difieren con éste y entre sí en diversos aspectos En los vertebrados, el músculo más abundante es el músculo estriado esquelético. Se inserta en los huesos para permitir el movimiento de las diversas partes del cuerpo y también en tejidos conjuntivos densos. En los mamíferos, los músculos esqueléticos están formados por agua (65 – 80%), proteína (16 – 22%), carbohidratos (1 – 2%), grasa (1 – 13%) y otras sustancias solubles (1%) (Renou et al., 2003). (Polo, 2003). Está formado por células largas, estrechas y polinucleadas denominadas fibras. Las fibras se agrupan formando haces que se unen para formar el músculo. La unidad fundamental del músculo esquelético es una célula muy especializada. Las células del músculo o fibras tienen forma de hilo, son largas (1 – 40 mm), delgadas (10 – 100 µm) y postmortem por Microscopía Electrónica de aproximadamente cilíndricas (Forrest et al., 1979). En la Figura 1. Se muestra la organización histológica del músculo esquelético.

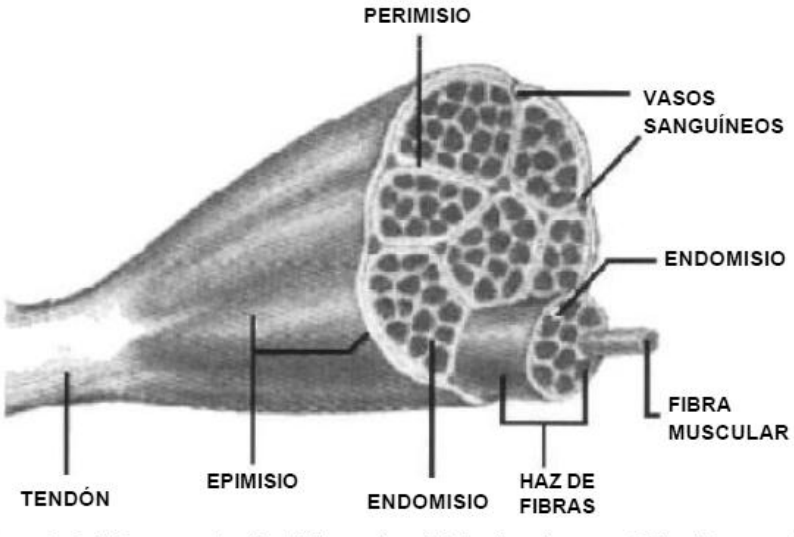


Figura 1 Representación tridimensional del músculo esquelético

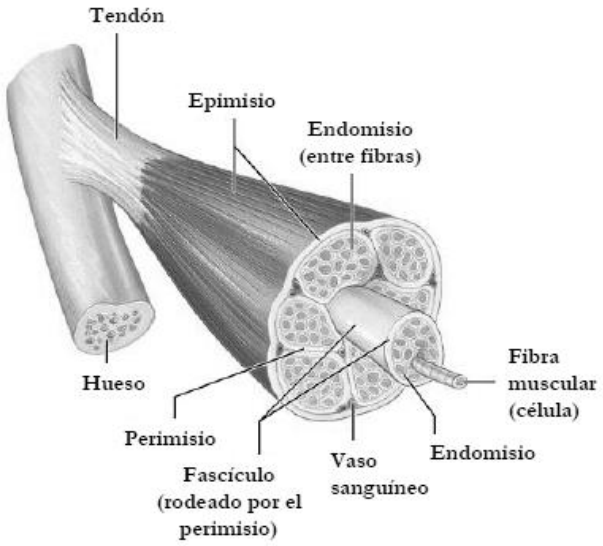


Figura 2. Componentes del musculo esquelético

Cada músculo esquelético está rodeado y protegido por una vaina de tejido conjuntivo denso que se denomina epimisio. Del epimisio parten tabiques hacia el interior del músculo, dividiendo el músculo en haces de fibras y grupos de haces. Todas estas ramificaciones constituyen el perimisio. Grupos pequeños de fibras musculares, envueltas cada una de ellas en su perimisio, van formando cada vez grupos mayores envueltos por una cubierta conjuntiva que también se denomina perimisio. Además, cada fibra muscular está recubierta por una delgada red de fibras reticulares que la separa de las células vecinas y que se denomina endomisio. La presencia de las envolturas de tejido conjuntivo proporciona una adecuada cohesión a las fibras y grupos de ellas, integrando sus movimientos. Además, permite un cierto grado de independencia en la contracción de unos grupos de fibras respecto a otros. Por otro lado, constituyen el soporte de vasos sanguíneos y de los nervios necesarios para el mantenimiento del músculo y su actividad. (Polo, 2003)

El perimisio es la capa de tejido conjuntivo que rodea cada haz de fibras y el epimisio es otra capa gruesa del mismo tejido que envuelve al conjunto de haces. En los extremos del músculo, el epimisio finaliza en tendones que se unen al esqueleto (Figura I.1).

La superficie externa de la fibra muscular recibe el nombre de sarcolema o membrana celular, son Fibrillas o elementos estructurales para la contracción, cuyas proteínas se llaman miofibrilares; está compuesta por tres capas: el tejido conjuntivo (endomisio), una capa intermedia amorfa constituida por mucopolisacáridos y la membrana plasmática interna de carácter lipoproteico.

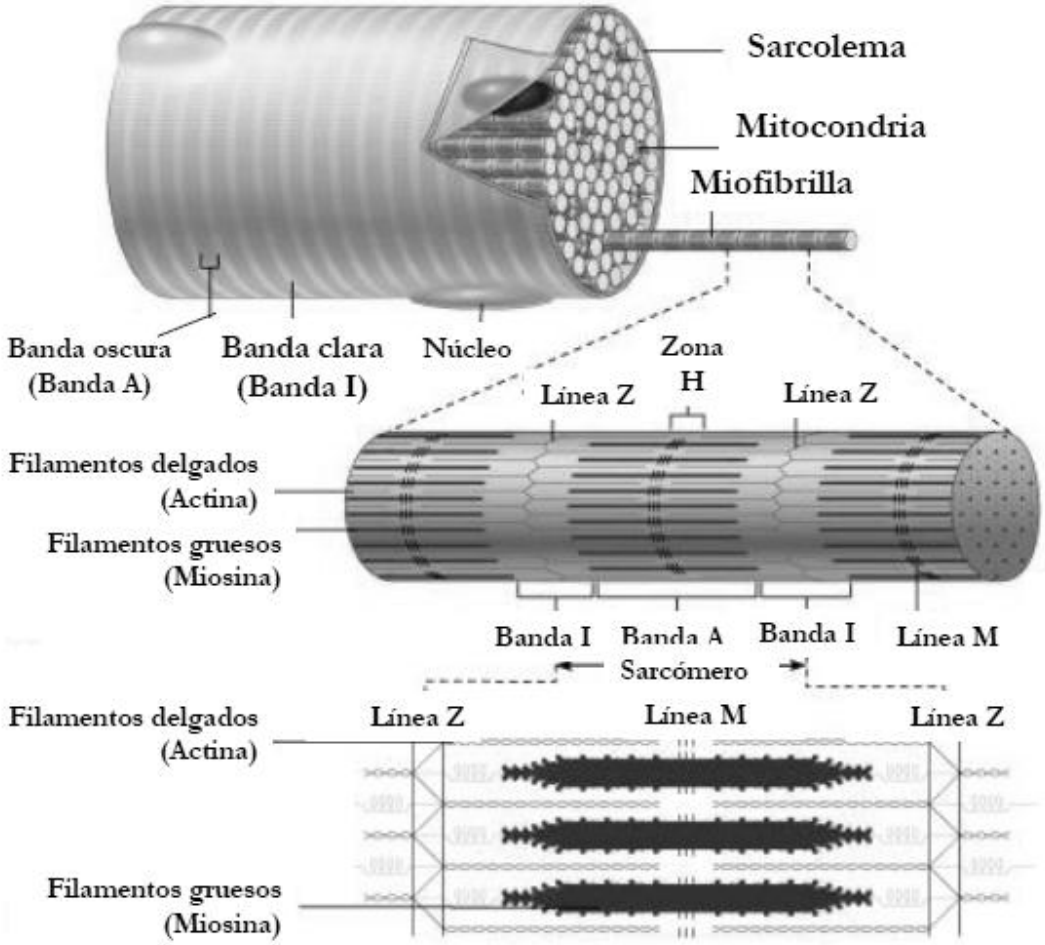


Figura 3. Estructura de las fibras musculares

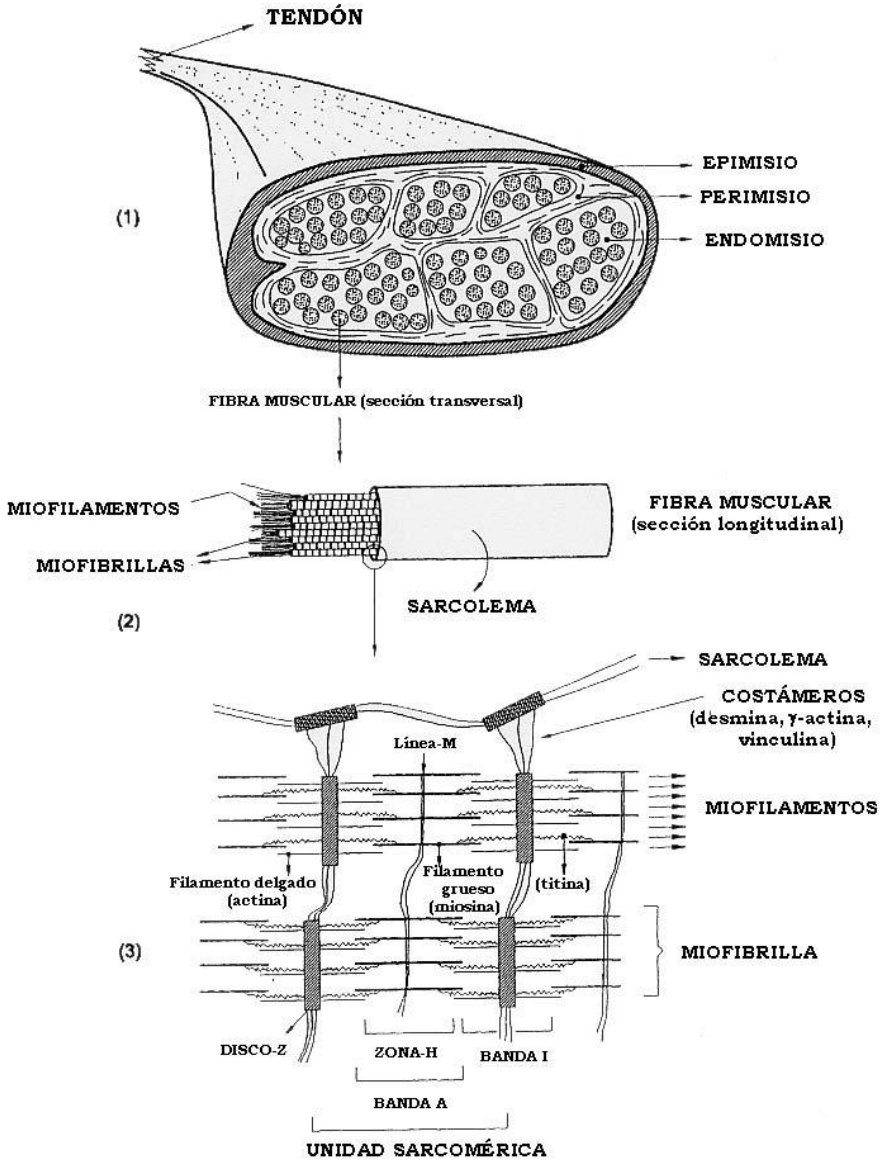


Figura 4. Representación esquemática del músculo esquelético. (1) Sección transversal de un músculo esquelético en el que se señala la localización del tejido conjuntivo: epimisio, perimisio y endomisio. (2) Fibra muscular en sección longitudinal compuesta por miofibrillas. (3) Constituyentes proteicos de la miofibrilla, organizada en unidades ultraestructurales o sarcómeros (Lluch et al., 2001)

El plasma celular se denomina sarcoplasma, contiene diversas proteínas solubles, llamadas sarcoplásmicas, es un material semifluido que también posee pequeñas partículas de glucógeno, inclusiones de grasa y mitocondrias. El interior de la fibra contiene las miofibrillas las cuales tienen entre1 y 2 µm de diámetro, ordenadas longitudinalmente, conforman el aparato contráctil y son responsables del carácter estriado del músculo. Según la relación miofibrillas y sarcoplasma se diferencian dos tipos de fibras: las blancas, ricas en miofibrillas, pobres en sarcoplasma, de contracción intensa y rápida y agotamiento rápido, y las rojas, pobres en miofibrillas, ricas en sarcoplasma, de contracción lenta y sostenida y agotamiento lento (Belitz et al., 1997). La fibra muscular suele ser polinucleada.

En el músculo esquelético existe la formación de estrías transversales características, debidas a la sucesión regular de bandas anisótropas, birrefringentes a la luz polarizada (bandas A), y bandas isótropas (bandas I) (Belitz et al., 1997). En el centro de las bandas I se observa, perpendicularmente a la dirección de las fibras, los discos Z más oscuros. Del mismo modo, por el centro de las bandas A oscuras discurren las zonas H más claras, en cuya mitad se encuentra a su vez una línea oscura conocida como línea M.

Al observar las miofibrillas al microscopio, presentan una apariencia estriada debido a la alternancia entre bandas claras y oscuras (Figura 1.1 f).

La unidad estructural del músculo, conocida como la unidad contráctil se denomina sarcómero, se encuentra entre dos líneas Z consecutivas. La banda I o isotrópica se encuentra a cada lado de la línea Z, está constituido por los filamentos gruesos y delgados. y esta compuesta por los filamentos delgados constituidos mayoritariamente por una proteína llamada actina. se prolongan desde los discos Z, a través de la banda I, hasta el límite de la zona H en la banda A. Los filamentos se deslizan unos sobre otros durante la contracción muscular produciendo un acortamiento en la distancia entre los

discos Z. Todos los filamentos en el interior celular están bañados por el sarcoplasma en el cual abundan enzimas hidrolasas, glicolíticas y mioglobina (Cassens, 1994). (Aguilera, 1999).

La banda A o anisotrópica tiene dos zonas: una más clara que contiene únicamente los filamentos gruesos y otra zona más oscura que contiene los filamentos gruesos superpuestos con los extremos de los filamentos delgados (Pérez, 2006); los filamentos gruesos están formados por la proteína miosina, se extienden a lo ancho de las bandas A, y se mantienen en la posición correcta con una ordenación hexagonal probablemente por acción de la línea M (Figura I.1). La estructura del tejido muscular proporciona información sobre las propiedades físicas de la carne e influye en la calidad (Aguilera, 1999).

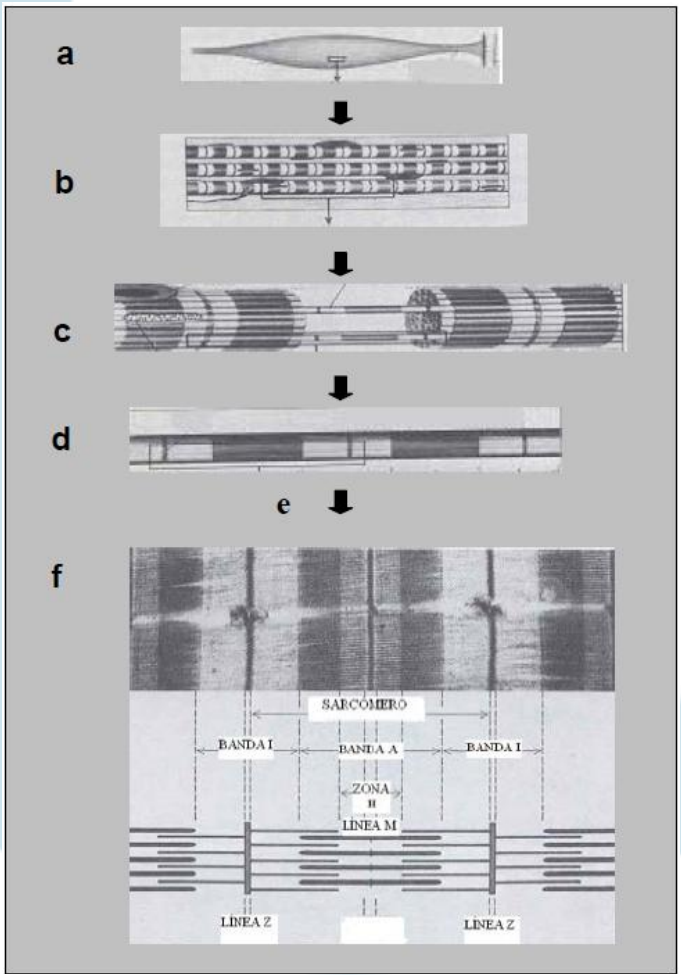


Figura 5. Estructura muscular: a) Músculo b) detalle de 3 miofibrillas; c) una dfbc ae fibrilla; d) detalle de una miofibrilla e) sarcómero f) vista al microscopio y esquema de la distribución de un sarcómero. Fuente (Whitaker, 1977).

El músculo cardiaco es similar al esquelético en la estructura estriada, aunque presenta un número mayor de mitocondrias. Por otra parte la célula de la musculatura lisa posee un núcleo en posición central y miofibrillas ópticamente homogéneas, de modo que no presentan estriamento transversal. Este tipo de células se presenta en los músculos de contracción involuntaria (con excepción del corazón) tales como los del intestino, mucosas, bazo, nódulos linfáticos y epidermis.

Lección 2. Composición de la Carne

La composición de la carne es muy variable y depende de diversos factores intrínsecos como extrínsecos relacionados con la raza del animal y la crianza de este. Los principales componentes de la carne son agua (65-80%), proteína (16-22%), grasa (3-13%), cenizas (1-1.5%), y otras sustancias minoritarias como sustancias nitrogenadas no proteícas (aminoácidos libres, péptidos, nucleótidos, creatina), carbohidratos, ácido láctico, minerales y vitaminas. En la tabla I.1 se presenta la composición química de la carne para distintas especies y distintas piezas (Belitz et al., 1997).

Tabla 1. Composición química media de la carne en porcentaje (Belitz & Grosch, 1997).

Composición química aproximada de la carne (% b.h.)

Animal	Pieza	Agua	Proteína	Grasa	Cenizas
Cerdo	Paleta	74,9	19,5	4,7	1,1
	Pernil	75,3	21,1	2,4	1,2
	Costillas*	54,5	15,2	29,4	0,8
	Jamón	75,0	20,2	3,6	1,1
	Tripa	40,0	11,2	48,2	0,6
Vacuno	Pierna	76,4	21,8	0,7	1,2
	Costillas*	74,6	22,0	2,2	1,2
Pollo	Muslos	73,3	20,0	5,5	1,2
	Pechuga	74,4	23,3	1,2	1,1

Composición química aproximada de la carne (% b.h.)* Con tejido adiposo adherido.

Entre los factores intrínsecos que influyen en la composición de la carne están la especie, la raza, edad, sexo y zona anatómica estudiada, entre otros. La edad influye en la proporción de grasa y proteínas, ya que al avanzar la edad, mayor es la grasa acumulada y menor el contenido en colágeno. El sexo afecta al contenido de grasa intramuscular, ya que es mayor en las hembras que en los machos. Entre los factores extrínsecos el más importante es la alimentación, influyendo en las cualidades de la carne obtenida, pues si se aumenta en la dieta el contenido de hidratos de carbono o de grasa, aumenta el contenido de grasa intermuscular de las canales (Ordóñez et al., 1998).

El agua de la canal se encuentra principalmente en el tejido muscular magro; el tejido adiposo contiene poca agua. Muchas de las propiedades físicas de la carne como el color, la textura y la firmeza dependen en parte de la capacidad de retención de agua de la carne, que está muy relacionada con el pH final de la misma. El contenido en agua de la carne de vacuno es de aproximadamente 75% siendo muy similar al de otras especies como pollo y cerdo (Fennema et al., 1992; Primo et al., 1997).

Lección 3 Compuestos nitrogenados de la carne

Los compuestos nitrogenados de la carne están constituidos por proteínas, también encontramos aminas, compuestos guanidínicos, compuestos de amonio cuaternario, aminoácidos libres y péptidos. Las proteínas representan el componente más abundante de la materia seca del músculo y desempeñan un papel fundamental en las funciones fisiológicas “in vivo”, en los cambios que se originan después de la muerte del animal y en las propiedades de la carne para su consumo en fresco y la industrialización.

EL contenido de proteínas de la carne de vacuno es aproximadamente del 20%, muy parecido también al contenido de proteínas en pollo y cerdo. Las proteínas musculares se pueden clasificar atendiendo a su solubilidad en tres grandes grupos (Primo et al., 1997; Ordoñez et al., 1998): proteínas sarcoplásmicas, proteínas contráctiles o miofibrilares, y proteínas del estroma.

- Proteínas del aparato contráctil (proteínas miofibrilares), extraíbles en su mayor parte con disoluciones salinas concentradas (miosina, actina, tropomiosina, troponina, etc).
- Proteínas solubles (proteínas sarcoplasmáticas), extraíbles con agua o disoluciones salinas diluidas (mioglobina, enzimas).
- Proteínas insolubles (proteínas del tejido conjuntivo y proteínas de los orgánulos).

Proteínas del aparato contráctil o miofibrilares

Se conocen unas 20 proteínas miofibrilares diferentes. Las más abundantes son miosina y actina, que suponen el 65-70% del total. El resto son las proteínas tropomiosina y troponina, importantes para la contracción, y distintas proteínas del citoesqueleto. Son las responsables de la estructura muscular y de la transformación de la energía química en energía mecánica, durante los fenómenos de contracción y

relajación muscular. Tras el sacrificio producen el rigor mortis y la exudación.

La actina es el principal componente de los filamentos delgados. Cuando se encuentra en forma monomérica se denomina actina G que al polimerizarse forma filamentos de actina F. La forma filamentosa de la actina forma el esqueleto del filamento delgado y aloja a la tropomiosina y al complejo troponina. Se combina con la miosina para formar el complejo actomiosina que interviene en el mecanismo de contracción-relajación muscular.

La miosina es una proteína con una parte filamentosa, la cola y el cuello, y una parte globular, las dos cabezas de miosina que tienen capacidad para unirse a la actina y al ATP. Estas cabezas son responsables de la actividad enzimática (ATPasa) y de su capacidad para interaccionar con la actina de los filamentos delgados. En el filamento delgado también se encuentran la tropomiosina y el complejo troponina, ambos regulan la contracción muscular y cada una representa el 5% de las proteínas miofibrilares. Entre las proteínas miofibrilares hay una serie de ellas del citoesqueleto, que contribuyen a mantener el armazón estructural en el que funcionan las proteínas contráctiles de la fibra muscular. Entre estas destacan la conectina o titina (10% de las proteínas miofibrilares), la nebulina (4%) que constituyen la denominada línea N2, la α-actinina o proteína mayoritaria de los discos Z, y las proteínas de los.

Proteínas solubles o sarcoplásmicas

Las proteínas sarcoplásmicas constituyen un 20-30% del total y en ellas se incluyen enzimas, pigmentos (mioglobina) y albúminas, que se extraen con agua o disoluciones salinas diluidas (0.5%). La mioglobina, que se localiza principalmente en el músculo cardíaco y estriado, es una proteína conjugada hemoglobular monomérica de una masa molecular de 16 kDa. La cantidad de mioglobina muscular se ve afectada por factores genéticos, por la edad, la dieta del animal, el tipo de fibra muscular, la especie y el ejercicio. En cerdos se observa un descenso en el contenido de mioglobina cuando los animales tienen una deficiencia en hierro, también se ha descrito un aumento

cuando los animales poseen una deficiencia en vitamina E y por el ejercicio (Belitz et al., 1997).

La mayor parte de las proteínas solubles son enzimas, principalmente enzimas necesarias para la glicolisis y el ciclo de las pentosas-fosfato. También existe una serie de enzimas relacionadas con el metabolismo del ATP, como la creatin-kinasa y la ADP-desaminasa. Además, existen enzimas a las que se les atribuye el envejecimiento de la carne en los fenómenos postmortem (Parreño et al., 1994), como son las proteinasas musculares, especialmente calpaínas y proteinasas lisosomales (catepsinas B, H, L, etc.).

Proteínas insolubles o del estroma

Las proteínas del estroma representan la fracción insoluble proteica de las proteínas musculares. Están constituidas principalmente por proteínas del tejido conjuntivo y se distribuyen por todo el organismo animal, formando parte del esqueleto y de la estructura de órganos, tendones, nervios, resto de membranas y la porción insoluble del aparato contráctil.

Sus principales componentes son el colágeno, la elastina y la reticulina. Son proteínas de valor nutritivo, capacidad de retención de agua y poder emulsionante menores que las anteriormente descritas (Ordoñez et al., 1998).

Proteinas sarcoplásmicas

Las proteínas sarcoplásmicas constituyen alrededor del 29 % del total de las proteínas del músculo esquelético (Kauffman, 2001) y corresponden a la fracción soluble a baja fuerza iónica (0,1 o inferior) a pH neutro (Pearson y Young, 1989). Dependiendo de las condiciones usadas para su extracción, esta fracción puede contener entre 100 y 200 proteínas diferentes. Su composición variará según la velocidad y el grado de homogeneización del tejido antes de la extracción, el pH, la naturaleza del solvente utilizado para la extracción y la fuerza centrífuga seleccionada para separar las proteínas

sarcoplásmicas (solubles) de la fracción insoluble. La fracción de proteínas sarcoplásmicas contiene las mismas proteínas que se extraen de otras células, es decir, enzimas asociados con la glucólisis y síntesis de carbohidratos y proteínas, junto con otras proteínas exclusivas de la célula muscular, tales como precursores para la síntesis de la miosina y la mioglobina (Whitaker, 1977).

La mioglobina es la proteína más abundante de esta fracción y está formada por una porción proteica, la globina, y una porfirina o grupo hemo que es responsable de su color. Dentro del anillo de porfirina, y en posición central, existe un átomo de hierro que mantiene unido el complejo formado por la globina y el grupo hemo.

El color de la carne dependerá del estado de oxidación de la mioglobina, el tipo de ligando unido al grupo hemo y el estado de la globina. El hierro del anillo de porfirina puede existir en dos formas: como hierro ferroso reducido (+2) o férrico oxidado (+3). Cuando el hierro del grupo hemo está en estado +2 (ferroso) se denomina mioglobina, de color púrpura y es la forma que se encuentra mayoritariamente en el músculo. Cuando se produce la oxidación de la mioglobina, el átomo de hierro ferroso se convierte en férrico, formándose metamioglobina que es de color marrón. La unión al oxígeno por oxigenación produce oximioglobina dando un color rojo brillante al músculo. La interconversión de las tres formas ocurre fácilmente, dependiendo de las condiciones del medio como la presión parcial de oxígeno, temperatura y pH, produciendo los cambios de color de la carne (Young y West, 2001).

Proteínas miofibrilares

Las proteínas miofibrilares constituyen alrededor del 60 % del total del músculo esquelético (Kauffman, 2001). Son las proteínas estructurales que forman las miofibrillas y poseen una solubilidad intermedia entre las proteínas sarcoplásmicas y las del estroma (Pearson y Young, 1989). Las proteínas miofibrilares, cuya unidad estructural se denomina sarcómero son las responsables de la contracción muscular aunque no todas las proteínas de esta fracción se encuentran directamente relacionadas con la

contracción. Por tanto, según su función las podemos dividir en 3 grupos (Pearson y Young, 1989):

- Proteínas contráctiles mayoritarias, incluyen actina y miosina.
- Proteínas reguladoras, juegan un importante papel en la iniciación y control de la contracción y relajación muscular.
- Proteínas del citoesqueleto o estroma, aportan soporte estructural y mantienen las miofibrillas alineadas

En la Tabla 2 se muestran las diversas proteínas miofibrilares según los 3 grupos indicados anteriormente, las proporciones relativas de cada proteína en la miofibrilla, su localización en el sarcómero y su función principal. La miosina y la actina combinadas constituyen el 70 % del total de las proteínas miofibrilares siendo la miosina un 50 % y la actina un 20 % del total.

Tabla 2. Composición Proteica de las Miofibrillas musculares

Proteína	% del total de proteínas miofibrilares	Localización en el sarcómero	Función principal
		PROTEÍNAS CONTRÁCTILES MAYORITARIAS	
Miosina	50	Banda-A filamentos gruesos	Dar soporte a las miofibrillas y ser responsables de la contracción relajación del músculo
Actina	20	Filamentos delgados	
		PROTEÍNAS REGULADORAS	
Tropomiosina	3	Filamentos delgados	Regular la contracción
Troponinas T, C e I	4,5		Regular la contracción
α-actinina	1	Disco-Z	Cementa el filamento delgado al filamento-Z en el disco-Z
β-actinina	<0,01	Banda-A final del filamento	Regula la longitud de los filamentos delgados
γ-actinina	<0,01	Filamentos delgado	Inhibe la G-actina
Eu-actinina	0,3	Disco-Z	Polimerización, interacciona con actina y α-actinina para contribuir a la densidad del disco-Z

Proteína	% del total de proteínas miofibrilares	Localización en el sarcómero	Función principal
PROTEÍNAS DEL CITOESQUELETO			
Titina	5-8	Por todo el sarcómero	Mantiene los filamentos gruesos y delgados alineados
Nebulina	3	Banda-I	Une y mantiene los filamentos gruesos y delgados alineados
Proteína-C	1,5	Filamento grueso	Une las moléculas de miosina en los filamentos gruesos
Miomesina o Proteína-M	0,5	Línea-M en el centro de la banda-A	
Desmina	<0,2	Disco-Z	Conecta transversalmente las miofibrillas en el disco-Z
Filamina	0,1	Disco-Z	Transversalmente conecta las miofibrillas en el disco-Z
Vimentina	0,1	Disco-Z	Conecta los discos–Z a la periferia
Sinemina	0,1	Disco-Z	Asociada con la desmina y vimentina
Proteína-X	0,2	Disco-Z	Une los filamentos del disco-Z
Proteína-I	0,1	Filamentos grueso (excepto el centro)	Inhibe la actividad Mg^{2+} ATPasa de la actomiosina en ausencia de Ca^{2+}
Proteína –F	0,1	Filamento grueso	Une los filamentos gruesos pero su acción es inhibida por la proteína-C
Creatinquinasa	0,1	Línea- M	Une a la proteína-M

Las proteínas reguladoras, aunque no participan directamente en el proceso de la contracción muscular, juegan un papel importante en la modulación de la contracción e inician el movimiento en el músculo esquelético. En este grupo se incluyen la tropomiosina, las troponinas y las actininas. La tropomiosina supone un 3 % del total de proteínas miofibrilares. En el músculo, la tropomiosina se encuentra siempre asociada con la actina y con el complejo de las troponinas.

Por otra parte, las troponinas constituyen el 4,5 % del total de las proteínas miofibrilares (Tabla 1.1). La troponina consiste en 3 subunidades llamadas troponina C, troponina I y troponina T (1,15 %, 1,35 % y 1,95 % respectivamente, del total de las proteínas miofibrilares). La troponina C se llama así porque tiene alta afinidad por el Ca2+ libre. La troponina I debe su nombre al hecho de inhibir la interacción de la miosina y la actina en la relajación muscular junto con la tropomiosina, la troponina C y la troponina T. La troponina T recibe este nombre porque se une a la tropomiosina y conecta el complejo troponina C-troponina I a la actina-F. Las subunidades de la

troponina juegan un papel importante en el ciclo contracción- relajación.

Las actininas actúan en la regulación de la contracción, aunque menos directamente que la tropomiosina y el complejo de troponinas. La α-actinina es probablemente la más importante del grupo de actininas y comprende el 1 % del total de proteínas miofibrilares. Es el componente mayoritario de la línea-Z y ancla los filamentos delgados de los sarcómeros adyacentes. Las otras actininas presentes en el músculo incluyen las β-actinina, γ-actinina y la Eu-actinina que comprenden menos del 0,01 %, 0,01 % y 0,3 % de las proteínas miofibrilares, respectivamente. La β-actinina se encuentra al final de la banda A de los filamentos delgados y regula su longitud, la γ−actinina se localiza en los filamentos delgados e inhibe la polimerización de la G- actina. La Eu-actinina se encuentra en el disco Z y probablemente no tiene función en la regulación de la contracción pero contribuye a la densidad del disco Z por interacción con la actina y la α-actinina.

Las proteínas del citoesqueleto, el tercer grupo de proteínas miofibrilares aislado e identificado en el músculo, son proteínas estructurales y sirven de soporte a las proteínas contráctiles mayoritarias y a las reguladoras. Este grupo incluye la conectina, proteína-C, miomesina, nebulina, desmina, filamina, vimentina, sinemina, proteína-X, proteína-H, proteína-I, proteína-F y creatinquinasa. La conectina, es un componente de alto peso molecular que constituye el 8 % del total de las proteínas de la miofibrilla. Se encuentra localizada entre los sarcómeros y parece mantener los filamentos gruesos en posición lateral en medio de la banda-A. La proteína-C constituye el 1,5 % de las proteínas miofibrilares y une las moléculas de miosina en los filamentos gruesos, aunque está situada en los filamentos delgados. El resto de proteínas constituyen menos del 1 % de las proteínas miofibrilares. Sus funciones y localización se recogen en la Tabla 1.1.

La miosina es el principal constituyente de los filamentos gruesos y está constituida por una cabeza globular con un peso molecular de alrededor de

480 kDa y una longitud de unos 1600 Å. Está formada por dos cadenas idénticas de polipéptidos de unos 225 kDa que pueden separarse tratando la miosina con disoluciones concentradas de urea o guanidina (Pearson y Young, 1989). Cada una de las cadenas posee una estructura de α-hélice y, a su vez, se enrollan formando una doble hélice. Al final de la molécula de miosina, ambas cadenas se pliegan en una estructura globular formada por dichas cadenas mas dos cadenas de polipéptidos más pequeñas (Pearson y Young, 1989).

A partir de los estudios de fragmentación enzimática se ha obtenido información muy importante sobre la estructura de la miosina y su actividad ATPasa. La exposición de la miosina a tripsina o quimotripsina da lugar a dos fragmentos llamados meromiosina pesada y meromiosina ligera (HMM y LMM). La meromiosina ligera no tiene actividad ATPasa ni capacidad de unión a la actina. La meromiosina pesada tiene actividad ATPasa y capacidad de unión a la actina pero no forma filamentos. El tratamiento con tripsina de la meromiosina pesada da lugar a dos subfragmentos llamados HMM-S1 y HMM-S2. El subfragmento 1 tiene actividad ATPasa y capacidad de unión a la actina mientras que el fragmento 2 no tiene estas características, lo cual indica que dicha actividad reside enteramente en su cabeza y que hay dos sitios catalíticos por molécula de miosina (Whitaker,1977).

La actina es el mayor constituyente de los filamentos delgados y supone el 20 % de las proteínas miofibrilares (Asghar, 1985). La actina puede encontrarse en dos formas, actina-G (actina globular) y actina-F (actina filamentosa) que se obtiene por la polimerización de la actina-G. La forma monomérica (actina-G) es estable en agua destilada, pero bajo ciertas condiciones polimeriza formando actina-F (Whitaker 1977).

Durante la contracción muscular se produce la unión de los filamentos de actina y de miosina formando el complejo actomiosina. También, en procesos in vitro en los que se ponen juntos miosina y actina se forma dicho complejo. Su formación va acompañada de un aumento de la viscosidad de la solución (Morrissey, 1987). La composición y el peso molecular de la actomiosina dependen mucho de las condiciones experimentales, tales como el pH y las concentraciones de KCl, $MgCl_2$ y proteína (Morrissey, 1987). Los complejos de actomiosina pueden ser extraídos del músculo por exposición prolongada a

0,6 M de KCl. Una propiedad de los complejos de actomiosina es que se disocian en presencia de ATP y Mg2+ y, cuando esto ocurre, la disociación va acompañada por una disminución rápida y elevada de la viscosidad de la solución y por la hidrólisis del ATP. Cuando la hidrólisis se completa, la actina y la miosina se reagregan por la interacción de los grupos sulfhidrilos que parecen ser los responsables tanto de la actividad ATPasa de la miosina como de su capacidad de unión a la actina (Lehninger, 1970).

Proteínas del estroma

Las proteínas del estroma suponen el 10-15 % del total de proteínas en el músculo esquelético (Morissey et al., 1987) y constituyen la fracción insoluble (en solventes acuosos neutros y disoluciones diluidas de sal) de las proteínas de la célula muscular. La mayoría de las proteínas del tejido conectivo se clasifican como fibrosas y consisten en cadenas de polipéptidos dispuestos paralelamente unas a otras formando láminas o fibras. Son las encargadas de aportar dureza, dar forma y proteger el músculo esquelético (Pearson y Young, 1989).

Las principales proteínas del tejido conectivo son el colágeno, la elastina y la queratina. Junto con estas proteínas existen otras, que se encuentran unidas covalentemente a los carbohidratos y se denominan glicoproteínas. Aunque el porcentaje de la composición puede variar ampliamente dependiendo de la fuente del músculo, el colágeno frecuentemente supone el 95 % del total de las proteínas del estroma y la elastina supone el 5 % de la proteína total del estroma (Kauffman, 2001).

Lección 4 Lípidos de la carne

La fracción lipídica es la parte más variable en carnes y se encuentra en el tejido adiposo subcutáneo, en el interior de la cavidad corporal o incluida en el tejido intermuscular e intramuscular. Además del papel fisiológico en el metabolismo, la distribución y el contenido en ácidos grasos influye en la palatabilidad. En las grasas animales predominan los lípidos neutros que se localizan, en forma de triglicéridos, en

los depósitos de tejido adiposo y en la grasa intramuscular formando el veteado o marmorización. Los fosfolípidos y otros lípidos polares ejercen funciones importantes de estructura en las membranas celulares.

El cerdo y el cordero contienen una mayor proporción grasa con un 5.25 y un 6%, respectivamente, y un mayor porcentaje de lípidos neutros. En esta fracción apolar, predominan los triglicéridos, aunque se encuentran pequeñas cantidades de mono y diglicéridos, ácidos grasos libres, colesterol y sus ésteres y algunos hidrocarburos.

La fracción polar está compuesta principalmente por fosfolípidos. Los ácidos grasos saturados tienen de 12 a 20 átomos de carbono y en la carne predominan los ácidos palmítico, esteárico y mirístico. Los insaturados tienen de 14 a 22 átomos, siendo el ácido oleico el monoinsaturado más abundante, seguido del palmitoleico. El ácido linoleico, linolénico y araquidónico son los principales ácidos grasos poliinsaturados (PUFA).

Hay numerosos estudios que recomiendan el aumento del consumo de los ω 3 y ω 9 para reducir el número de problemas cardiovasculares en personas de mediana edad (Mata, et al., 2002). También es conocido el papel beneficioso de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en los procesos inflamatorios (Gil, 2002a), los efectos anticancerígenos de los ácidos grasos ω 3 y oleico (Muriana, F.2002), así como el papel protector de los ácidos grasos poliinsaturados en enfermedades de la piel (Gil, A. 2002b). La composición de ácidos grasos esenciales se puede manipular con la dieta del animal; para aumentar el contenido de PUFA ω 3 en la carne y grasa de cerdo, se añade al pienso aceites de pescado y semillas de lino, aunque disminuye la dureza y puede producir problemas en el aroma y una mayor susceptibilidad a la oxidación.

En la tabla 3 se presenta la composición en ácidos grasos del componente graso de la carne. Se observa que la grasa de la carne de vacuno (aproximadamente 50 % de ácidos saturados), es más saturada que la de cerdo (más del 60% de ácidos grasos

insaturados), por lo que la grasa de porcino es más enranciable y su punto de fusión es más bajo, destacando el alto valor del ácido linoleico (Primo,1997).

En la tabla 4. Se presenta el grado de saturación de los ácidos grasos componentes de los lípidos del tejido muscular de diversas especies. Comparándola con otras especies, la carne de cerdo es menos insaturada que la carne de aves y más insaturada que la de vacuno u ovino (Ordóñez et al., 1998).

Tabla 3. Ácidos grasos del componente graso de la carne. Valores medios aproximados (g/100g de grasa) (Primo, 1997).

Ácido graso	Vacuno	Porcino
Palmítico (C16:0)	30	26
Esteárico (C18:0)	20	12
Palmitoleico (C16:1)	2	3
Oleico (C18:1)	45	47
Linoleico (C18:2)	2	10
Linolénico (C18:3)	0,5	0,5

Tabla 4. Grado de saturación de los ácidos grasos componentes de los lípidos del tejido muscular de diversas especies (Fennema et al., 1992).

Especie	% Saturados	% Monoinsaturados	% Poliinsaturados
Vacuno	40-71	41-53	0-6
Cerdo	39-49	43-70	3-18
Carnero	46-64	36-47	3-5
Aves	28-33	39-51	14-23

Lección 5 Agua, Carbohidratos y otros constituyentes de la carne

(Onega, 2003)

Cuantitativamente, el agua es el constituyente más importante de la carne. La carne cruda, inmediatamente después del sacrificio, puede contener alrededor del 75% de agua (Lawrie, 1998). Parte de esta agua se pierde por diversos procesos:

Por evaporación durante el enfriamiento de las canales (hasta un 2% en el caso del bovino); por goteo al seccionar los tejidos (hasta un 6%, que puede doblarse tras la descongelación). Sin embargo, el proceso que provoca mayores pérdidas es el cocinado de la carne, ya que pueden superar el 40% (Offer y Knight, 1998a). El agua del músculo se encuentra en un 70% en las proteínas miofibrilares, en un 20% en las sarcoplásmicas y en un 10% en el tejido conectivo (Hamm, 1963). Este contenido varía con el de grasa; si la grasa aumenta, el agua decrece y se aproxima al contenido de agua del tejido adiposo, cercano al 10%. La proporción entre proteína y agua es casi constante en un amplio rango de contenido graso. Esta regla se aplica a la carne de cerdo procedente de animales con un peso vivo al sacrificio

de más de 90 Kg y a la de vacuno con pesos vivos superiores a los 450 Kg. En animales más jóvenes esta relación es menor (Price y Schweigert, 1994). 4.2.5.1.

Capacidad de retención de agua (CRA)

Para Hamm (1960), el término CRA se define como la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración. Otros autores distinguen la CRA como capacidad de retener el agua propia y la CLA (capacidad de ligar agua) como capacidad para retener el agua añadida (Carballo y López de Torre, 1991). De esta propiedad dependen otras como el color, la dureza y la jugosidad de la carne y de los productos cárnicos (Hamm 1960, 1977b; Offer y col., 1989).

Determina dos importantes parámetros económicos: las pérdidas de peso y la calidad de los productos obtenidos. Las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación y pueden alcanzar al 4-5% del peso inicial, siendo corrientes pérdidas del 1,5 al 2%. Por ello, el estudio de esta propiedad es muy importante a la hora de caracterizar la calidad de una carne. No se sabe con total certeza como se encuentra el agua en el músculo, aunque mediante estudios de resonancia

magnética nuclear se ha concluido que existe un 5% imposible de separar y el 95% restante está considerada como agua libre, capaz de migrar (Hazlewood y col., 1974). En la década de los 70, Fennema (1977) lanzó una teoría, generalmente aceptada, que supone que el agua está unida al músculo en tres formas diferentes:

• Agua de constitución, el 5% del total. Forma parte de la misma carne y no existe forma de extraerla.

• Agua de interfase, unida a la interfase proteína-agua. A su vez se subdivide en agua vecinal, más cercana a la proteína, formando dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa, que está más alejada de las proteínas.

• Agua normal. Se subdivide en dos tipos: agua ocluida, que está retenida en el músculo envuelta en las proteínas gelificadas, y agua libre, que es la que se libera cuando se somete la carne a tratamiento térmico externo.

La CRA depende de dos factores fundamentales: el tamaño de la zona H, que es el espacio donde se retiene el agua, y la existencia de moléculas que aporten cargas y permitan establecer enlaces dipolo-dipolo con las moléculas de agua. El agua en la carne está predominantemente escondida en la red de las miofibrillas, incluso tras la homogeneización de la carne. El volumen de las miofibrillas es crucial en su capacidad para unir agua (Wismer-Pedersen, 1994). La relativa rigidez de las líneas Z y M impone límites al aumento de volumen. Este aumento también se halla limitado por las fibras de tejido conectivo y membranas que rodean a la fibra muscular. Un factor limitante de la repulsión de los filamentos inducida por el pH son los puentes que se establecen en el rigor mortis (Sayre y Briskey, 1963). El descenso del pH o la adición de cationes divalentes está asociado con un incremento en el espacio extracelular (Heffron y Hegarty, 1974). Los cambios en la CRA son indicadores muy sensibles de cambios en las proteínas miofibrilares (Hamm, 1975; Hönikel y col., 1986).

Fuentes de variación en la capacidad de retención de agua

Existen diversos factores que afectan a la CRA de una carne; de ellos, los más destacados se citan a continuación. Todos estos factores deben tenerse en cuenta al

explicar las relaciones de esta propiedad con otras propiedades que influyen en la calidad de la carne.

La influencia del pH en el valor de la CRA ha sido observada por numerosos autores y recogido en diversas revisiones (Hamm, 1960). Este parámetro tiene una importancia práctica muy grande, porque el almacenamiento y el procesado de la carne van asociados a variaciones en el pH. El agua ligada de la carne se muestra mínima en torno a valores de pH de 5,0-5,1. Este es el valor medio de los puntos isoeléctricos de las proteínas miofibrilares más importantes (actina 4,7; miosina 5,4) e indica el pH al que la carga neta de las moléculas proteicas es mínima (Hamm, 1986). En el punto isoeléctrico, los filamentos gruesos y finos de las miofibrillas se mueven para aproximarse y reducen así el espacio disponible para el agua entre los mismos. En este momento, las fibras musculares han agotado su ATP y sus membranas ya no consiguen retener el agua celular, afectando al color (se aclara), la textura (se ablanda) y el grado de exudación de la carne (aumenta) (Heffron y Hegarty, 1974; Sellier, 1988). Por encima y por debajo de este valor, los miofilamentos exhiben carga creciente y se repelen mutuamente resultando un aumento de volumen.

El cambio en la CRA debido a cambios en el pH en el rango de 5,0-6,5 es completamente reversible, mientras que en el rango de 4,5<pH<10,0 los cambios son irreversibles (Hamm, 1962). La unión de los cationes divalentes (los más importantes son el calcio y el magnesio) reduce la repulsión electrostática entre los grupos de las proteínas cargados negativamente, por tanto ocurre un acercamiento de las fibras de la proteína, disminuyendo el espacio para retener agua. El efecto de estos cationes divalentes es mínimo en el punto isoeléctrico de la miosina, y aumenta según se incrementa el pH (Hamm, 1986), porque la fuerza de la unión de los cationes a las proteínas miofibrilares aumenta (Hamm, 1957, 1962). Esto sugiere que los cationes divalentes presentes en el músculo reducen su CRA y que, secuestrándolos o intercambiándolos por iones monovalentes, se incrementará su CRA.

La estimulación eléctrica en ovino o en vacuno se utiliza para prevenir el efecto negativo de un enfriamiento rápido sobre la terneza de la carne, que produciría un acortamiento por el frío. Este acortamiento se evitaría con un enfriamiento lento, pero

con la estimulación eléctrica se mejora la terneza y el color de la carne (Bendall, 1980; Lawrie, 1981a). Algunos autores han observado un incremento en la CRA durante el almacenamiento de la carne después del desarrollo del rigor mortis (Anon y Calvelo, 1980).

Por otro lado, otros autores no han observado ningún incremento de la CRA durante el almacenamiento post rigor a temperatura de refrigeración (Parrish y col., 1969; Cagle y Henrickson, 1970). El incremento en la CRA durante la maduración puede explicarse, en parte, por un incremento del pH muscular, pero puede deberse también a otros efectos como la desintegración de los discos Z por proteasas (Davey y Winger, 1979; Ashgar y Pearson, 1980). También la proteolisis enzimática de proteínas del citoesqueleto, como la conectina y la desmina, debe tenerse en cuenta (Lawrie, 1983). En el músculo de bovino no se ha observado una influencia significativa sobre la CRA de las variaciones en la temperatura y el tiempo de maduración (Parrish y col., 1969).

El agua en el músculo comienza a congelarse a -1ºC aproximadamente; a -5ºC alrededor del 80% del agua está congelada y a -30ºC esta cifra aumenta hasta un 90% (Love, 1966). Es ampliamente conocido que una congelación lenta provocará mayores pérdidas al descongelar la carne que si este proceso hubiera sido rápido (Skenderovic y col., 1975; Rankow y Skenderovic, 1976).

Hamm y col. (1982) encontraron en carne congelada a una velocidad media, que ambos efectos podrían compensarse el uno al otro de manera que la velocidad de descongelación no influiría significativamente sobre la cantidad de agua perdida. Aparentemente, el agua extracelular formada al derretirse los grandes cristales de hielo del espacio extracelular formados durante la congelación lenta no es bien reabsorbida por las células musculares, como lo sería el agua formada por la fusión de los cristales intracelulares procedentes de una congelación rápida (Hamm, 1986). Algunos autores han observado una pérdida de CRA tras los procesos de congelación y descongelación (Anon y Calvelo, 1980), sin embargo, otros no han encontrado una influencia significativa de estos procesos (Hamm, 1986; Skenderovic y col., 1975).

La carne debe ser congelada de manera que se minimicen las pérdidas de agua durante la descongelación. Estas pérdidas provocan perjuicios económicos por la pérdida

de peso, por la apariencia desagradable de la carne y porque la superficie húmeda favorece la proliferación bacteriana. También se produce una pérdida de nutrientes en el exudado.

El almacenamiento de músculo congelado puede ir acompañado de un crecimiento, más o menos pronunciado, de cristales de hielo en los espacios extracelulares, además de una agregación de las fibras musculares (Love, 1966; Partmann, 1973), lo que, en principio, provocaría un aumento en la cantidad de agua perdida al descongelar. A las temperaturas de almacenamiento comercial, el crecimiento de los cristales extracelulares ocurre siempre. Muchos autores afirman que la cantidad de agua exudada al descongelar una carne se incrementa con el aumento del tiempo que dicha carne pasa almacenada y congelada (Skenderovic y col., 1975). Esto sería debido al daño producido en las membranas celulares por el crecimiento de los pequeños cristales intracelulares de hielo formados durante una congelación rápida (Hamm, 1986).

Sin embargo, otros autores no han observado una influencia significativa de este parámetro sobre la CRA (Law y col., 1967; Park y col., 1980). Esto podría deberse a que los grandes cristales de hielo extracelulares formados durante una congelación lenta no pueden crecer mucho más durante el almacenamiento, y los efectos de la recristalización durante este periodo no serían de importancia para la CRA de la carne (Hamm, 1986).

Sin embargo, los cambios más drásticos en las proteínas del músculo son debidos al calentamiento. Los mayores efectos se observan en las proteínas miofibrilares entre 30 y 50ºC y se completan a 60ºC (Hamm y Grabowska, 1978), conduciendo a una coagulación de estas proteínas (Hamm, 1977b). En la primera fase del descenso de la CRA (entre 30 y 50ºC) los cambios se deben a la coagulación por el calor del complejo actomiosina. En el rango de temperatura entre 50 y 55ºC los cambios son inapreciables y en la segunda fase de la disminución de la CRA (entre 60 y 90ºC), estos parecen ser debidos a la desnaturalización del colágeno (Davey y Gilbert, 1974). El colágeno se solubiliza y se forman uniones nuevas y estables con el complejo actomiosina coagulado (Hamm, 1977a). Las pérdidas por cocinado aumentan al incrementarse el tiempo de cocinado (Hamm, 1986).

Hidratos de carbono

Los tejidos animales contienen hidratos de carbono que se encuentran libres o formando compuestos más complejos. Se ha encontrado los monosacáridos glucosa, fructosa y ribosa. Entre los polisacáridos se encuentran los mucopolisacáridos que forman parte de la sustancia de relleno de las proteínas del tejido conjuntivo y afectan a las propiedades físicas de la carne. Están compuestos por residuos alternos de un ácido urónico y una hexosamina. El polisacárido más abundante es el glucógeno, que se almacena en el músculo esquelético y en el hígado, como una sustancia de reserva energética; desempeña un papel fundamental en los cambios bioquímicos postmortem en la carne. La cantidad de ácido láctico formado durante el proceso de la glicólisis afecta fundamentalmente sobre las características de la carne.

Vitaminas y minerales en la Carne

La carne es rica en vitaminas del grupo B y es pobre en vitaminas A y C. La carne de cerdo contiene diez veces más tiamina que la de vacuno. Se observa una mayor concentración de vitaminas en las vísceras, sobre todo en el hígado. (Primo,1997; Ordóñez et al., 1998).

La carne es una excelente fuente de zinc, hierro, cobre y aporta cantidades significativas de fósforo, potasio, magnesio y selenio. La proporción de cenizas es de 1-1.5 g por 100 g de carne fresca. Los iones calcio, magnesio, sodio y potasio intervienen directamente en el mecanismo de contracción-relajación muscular y el fósforo en diversos procesos fisiológicos (Ciclo de Krebs, ciclo de las pentosas- fosfato...).

CAPITULO 2: PROCESO DE CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE Y FACTORES DE CALIDAD DE LA CARNE

Introducción

El capitulo a continuación ofrece los conceptos necesarios para que el estudiante comprenda e interprete lo referente al Rigor mortis y los Cambios Bioquímicos en el Músculo Postmortem para convertirse en Carne; de igual forma se analizan los factores de calidad de la carne, los Parámetros que definen la calidad organoléptica de la carne y las posibles Alteraciones del músculo post-mortem que se pueden presentar durante

esta etapa de transformación.

Lección 6. Rigor mortis

Los cambios que suceden durante el tiempo que sigue al sacrificio del animal han intentado ser explicados por diferentes investigadores en los últimos años, y algunas recopilaciones han sido publicadas por autores como Ouali (1990), Koohmaraie (1994) o Ashie & Simpson (1997). Después del sacrificio se producen dos fenómenos en el músculo: la rigidez cadavérica (rigor mortis) y la maduración.

La carne del animal recién sacrificada es blanda y extensible y retiene agua, más tarde se vuelve rígida y dura, no se puede estirar y exuda agua; es el rigor mortis, que dura entre 10 y 30 horas. Luego se vuelve blanda, de nuevo extendible, y mejora su capacidad de retención de agua: es la maduración.

El músculo es un tejido muy especializado que convierte la energía química en energía mecánica, por lo que necesita un gran aporte de energía para el rápido funcionamiento del aparato contráctil, que deriva del ATP; para la actividad, el músculo tiene que recurrir a la oxidación de sustratos, como carbohidratos (glucógeno) o lípidos, para mantener un nivel adecuado de ATP. Muchas de las reacciones del metabolismo continúan después de la muerte del animal y tienen una elevada importancia en la calidad alimentaria del músculo (Fennema et al.,1992; Belitz et al., 1997).

la conversión de los músculos en carne tiene lugar después deque los animales han sido sacrificados (Moulton y Lewis, 1940; Bendall, 1961). Elmúsculo es un tejido vivo cuya actividad contráctil característica es regulada normalmente de una forma determinada por el sistema nervioso. Cuando los músculos se han convertido totalmente en carne ya no son capaces de contraerse mediante deslizamiento de los filamentos. Sin embargo, la conversión comercial de los músculos en carne no es un suceso instantáneo (Swatland, 1991). Después de ser sangrado un animal, las fibras musculares sobreviven durante algún tiempo mediante glicólisis anaerobia, aunque más tarde o más temprano agotan la energía (Bate-Smith, 1948). Puede agotarse, bien su depósito primario de carbohidratos, el glucógeno, o bien el producto final de la glucólisis anaerobia, el lactato. Es entonces cuando las fibras musculares comienzan a perder su integridad al no

disponer de energía (Bodwell y col., 1965).

Los hechos que deberán producirse para la conversión óptima de los músculos en carne son bastante complejos. El pH deberá descender como consecuencia de la formación de lactato por glucólisis anaerobia. La formación incorrecta de lactato puede traducirse en la obtención de carnes oscuras, firmes y secas (DFD), que son carnes con un pH último elevado de más de 6,0 unidades (Hedrick y col., 1959; Fisher y Hamm, 1980).

Por otro lado, un exceso de lactato, formado con demasiada rapidez mientras los músculos se encuentran aún calientes, genera un descenso muy rápido del pH, y puede originar carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE) (Briskey y col., 1959; Bendall y col., 1963; Briskey, 1964). Tras el sacrificio, debido al fenómeno conocido como rigor mortis los músculos aparecerán consistentes como resultado de la formación de enlaces cruzados entre sus filamentos gruesos y delgados (Marsh y Carse, 1974).

Sin embargo, la formación de un exceso de enlaces cruzados puede provocar dureza en la carne. El largo periodo que transcurre durante la conversión de los músculos en carne es llamado acondicionamiento o maduración, y durante el mismo se liberan las propias enzimas de la carne (Swatland, 1991). Así, por ejemplo, las proteinasas comienzan la digestión de las proteínas de la carne, fragmentándolas, lo que se traduce en un ablandamiento lento (Abbott y col., 1977).

El proceso bioquímico hasta el comienzo de la rigidez cadavérica o rigor mortis puede dividirse en dos fases: Una primera fase en la que la flexibilidad y la elasticidad del músculo permanecen inalteradas. La carne es blanda y elástica. Esta fase tiene una duración variable, de 1 a 20 horas, dependiendo de la reserva de glucógeno y creatinfosfato, así como de la temperatura del músculo. La hidrólisis del ATP aumenta como consecuencia de la disminución progresiva del pH, pero permanece compensada por la capacidad de resíntesis del ATP (Pearson, 1986). Una segunda fase en la que la extensibilidad y elasticidad disminuyen rápidamente, en unas 2 ó 3 horas. Esto es debido a la desaparición del ATP y al

incremento de la concentración de calcio, que conduce a la unión irreversible de actina y miosina, dando lugar a la instauración de la rigidez cadavérica (Bendall, 1961).

El periodo de tiempo que transcurre hasta la aparición de la rigidez cadavérica depende, como ya se ha mencionado, de ciertos factores internos y externos. Los factores internos más importantes son la cuantía de la reserva de glucógeno y de creatinfosfato. Cuanto mayores sean los niveles de estos compuestos del músculo en el momento del sacrificio más tarde aparecerá la rigidez cadavérica y viceversa.

Como factor externo ejerce una gran influencia la temperatura (Greaser, 1986). La glicólisis y la consiguiente caída del pH, transcurren más lentamente cuanto menor es la temperatura de la carne. Con el enfriamiento rápido de la carne los procesos post mortem son retardados y la rigidez cadavérica aparece más tarde que cuando la temperatura de la carne es mayor (Roschen y col., 1950; Marsh y col., 1980). Los procesos bioquímicos se detienen, casi por completo, cuando la carne se congela antes de la aparición de la rigidez cadavérica. De esta forma el rigor mortis se presenta sólo cuando la carne se descongela, dando lugar al fenómeno denominado rigor de la descongelación o “thaw rigor”.

Este fenómeno causa excesivas pérdidas de agua por goteo en los tejidos tras la descongelación (Marsh y Thompson, 1958; Locker y Hagyard, 1963). Por otro lado, el enfriamiento rápido de la carne después del sacrificio a temperaturas inferiores a los 14ºC provoca una contracción irreversible de la musculatura de bóvidos y óvidos, denominada acortamiento por el frío o “cold shortening”, que supone un incremento de la dureza de la carne. Este efecto fue descrito por primera vez por Locker y Hagyard en 1963.Los músculos pueden llegar a acortarse hasta un 50 o 60% y la fuerza máxima de cizallamiento determinada con una sonda de Warner-Bratzler puede incrementarse en tres o cuatro veces (Marsh y Leet, 1966).

Lección 7. Cambios Bioquímicos en el Músculo Postmortem

Después de la muerte cesa la circulación sanguínea lo que provoca cambios importantes del tejido muscular. Los cambios principales son atribuibles a la falta de oxígeno (condiciones anaeróbicas) y a la acumulación de ciertos productos de desecho,

especialmente lactato y H+. La célula post-mortem trata de mantener un alto nivel energético, pero al fallar el sistema circulatorio, el metabolismo oxidativo de los lípidos cesa y el ATP se agota gradualmente por la acción de las ATP-asas. Se genera temporalmente algo de ATP por conversión de creatín-fosfato en creatina y transferencia de su fosfato al ADP.

La glicólisis anaerobia continúa generando algo de ATP y dando como producto final el lactato, que se acumula, hasta que la actividad glicolítica finaliza por descenso del pH (a valores de 5-5.5), debido a la hidrólisis de ATP; aunque este descenso también está correlacionado con la cantidad de lactato (Lawrie, 1997, Fennema et al., 1992; Belitz et al., 1997).

El descenso de pH es el factor que limita la glicólisis post-mortem que influye sobre la calidad de la carne. Así, cuando el pH es suficientemente bajo, alrededor de 5.1-5.5, ciertas enzimas críticas, como la fosfofructoquinasa, se inhiben y la glicólisis cesa. El pH finalmente alcanzado se denomina “pH final”, valor que tiene una gran influencia en la calidad textural de la carne, la capacidad de retención de agua, la resistencia al desarrollo microbiano y el color. Si antes del sacrificio el animal se ve sometido a estrés o a un ejercicio intenso, el contenido en glucógeno desciende y como consecuencia el pH final es elevado ya que no existe sustrato suficiente para que la glicólisis se prolongue.

Cuando el ATP se agota, se paralizan todas las reacciones biosintéticas y la célula pierde su integridad. Las moléculas de ATP y ADP actúan como plastificantes de la actina y miosina evitando la interacción de ambas, por lo que al agotarse durante el post-mortem, se unen formando el complejo actina-miosina y el músculo pasa a una situación conocida como “rigor mortis”.

La rigidez se produce por acortamiento de las miofibrillas al formarse la unión actina-miosina en forma irreversible. La tendencia del músculo a contraerse post-mortem es debido a la pérdida de la capacidad para secuestrar calcio del retículo sarcoplásmico y las mitocondrias; estos orgánulos liberan Ca+2 debido al deterioro y al aumento de la permeabilidad de la membrana, y el aumento de su concentración en el sarcoplasma activa a las ATP-asas, aumenta la actividad de los sistemas glicolíticos y provoca un rápido descenso del pH.

La maduración de la carne o resolución del rigor mortis comprende los cambios posteriores al desarrollo de la rigidez cadavérica que determinan un relajamiento lento del músculo dando lugar a un ablandamiento de la carne después de 3-4 días de almacenamiento en refrigeración. Es un proceso muy complejo, según Ashie & Simpson (1997) los cambios degradativos postmortem que ocurren en el sarcoplasma, las miofibrillas y el tejido conjuntivo, se pueden atribuir principalmente a la actividad de proteasas endógenas (tabla I.4), y la proteolisis de algunas proteínas miofibrilares constituye uno de los procesos más importantes en el proceso de tenderización de la carne. Ello se debe en parte a proteasas específicas de la carne, que se activan con el calcio (calpaínas sarcoplásmicas) y, a pH 5, actúan sobre los discos Z que mantienen unidas las moléculas de actina- miosina.

Además, parece haber una disociación parcial del complejo actina- miosina y una acción simultánea de las catepsinas (lisosomales), proteasas celulares que actúan sobre proteínas solubles e insolubles. (Fennema et al., 1992; Belitz et al., 1997).

Tabla 5. Proteasas involucradas en la maduración de la carne (Varman et al., 1995).

SARCOPLÁSMICAS	**Calpaína I**	Liberación de α-actina
	Calpaína II	Degradación de desmina, filamina, conectina y nebulina. Degradación de troponina y tropomiosina. Degradación de proteínas C y M.
	Catepsinas B	Degradación miosina, actina, troponina T. Degradación de colágeno.
LISOSOMALES	**Catepsinas B**	Degradación de miosina, actina, troponina T. Degradación de colágeno.
	Catepsinas L	Degradación de miosina, actina, troponina. Degradación de tropomiosina, α-actinina, titina. Degradación de colágeno.
	Catepsinas D	Degradación de miosina, actina, troponina. Degradación de tropomiosina, α-actinina, titina. Degradación de colágeno.
	Catepsinas H	No hay evidencias significativas de la forma de actuación.

Fuente: Larrea 2003:

La naturaleza estructural de las proteínas musculares, proporciona información sobre las propiedades físicas de la carne; la Microscopía Electrónica de Barrido ha sido aplicada por numerosos investigadores para el estudio de la estructura de una gran variedad de alimentos. En particular también se ha utilizado la Microscopía Electrónica para el estudio de las fibras musculares de distintas especies animales sometidas a diversas condiciones de almacenamiento postmortem, o a la exposición "in vitro" a diversas enzimas (Geissinger & Stanley, 1981; Voyle, 1981; Ouali, 1990; Silva et al. 1993). El seguimiento entre los 3-4 primeros días de la Transmisión en músculo semimembranoso de bovino realizado por Taylor et al., (1995), muestra que el 65% de la tenderización postmortem ocurre durante el tercer día de almacenamiento entre 2-4 ºC; entre las miofibrillas se observan huevos o "gaps" que manifiestan la degradación de los constituyentes de los costámeros principalmente las proteínas vinculina, desmina y distrofina, la pérdida de la línea N2, constituída por nebulina y titina, y una pequeña pérdida de la integridad de los discos Z.

Parece ser que la degradación entre los costámeros y las uniones intermiofibrilares se produce durante las primeras 24 horas postmortem en el músculo longissimus dorsi de ternera (Taylor et al., 1995) y se completa totalmente a las 72 horas postmortem. La eliminación de los discos Z y la degradación de las líneas M, parecen ser los principales cambios causados por las calpaínas I y II, que degradan particularmente la desmina en ensayos "in vitro" a partir sobre todo de las 72 horas postmortem. La estructura miofibrilar aparece más alterada en las fibras musculares tratadas con enzimas lisosomales, que parecen atacar principalmente la periferia de las bandas A y cerca de las líneas N2.

Algunos estudios han sugerido que los discos Z o su degradación, es el principal factor que contribuye a la tenderización postmortem; éstos se basan en experiencias que muestran que el sistema enzimático de calpaínas tiene un papel fundamental en la tenderización postmortem, y cuando se incuba con miofibrillas o trozos de músculo se observa la desestructuración de los discos Z.

Pero está demostrado que entre el 65-80 % de toda la tenderización postmortem

ocurre durante los 3-4 días postmortem, y no existe degradación de los discos Z durante este periodo. Taylor et al., (1995) muestran que durante los 3-4 primeros días postmortem a 4 ºC, se degradan los costámeros principalmente las proteínas vinculina, desmina y γ-actina. También se degrada la estructura filamentosa que une las miofibrillas lateralmente a nivel de los discos Z, las líneas N2 (área con filamentos de titina y nebulina que constituyen una red citoesquelética que enlaza los filamentos gruesos y delgados a los discos Z), dando como resultado huevos o "gaps" entre miofibrillas en el músculo postmortem.

Lección 8. El concepto de calidad de la carne

La actitud de los consumidores respecto a la carne y a la totalidad de los productos cárnicos se ha modificado en los últimos años. La calidad, la influencia de la alimentación en la salud, las propiedades sensoriales y la imagen final de los productos alimentarios presentan una mayor valoración frente a los factores puramente económicos. La obtención de productos de calidad, que satisfagan las necesidades de los consumidores, requiere la utilización de materias primas de calidad, la aplicación de procesos tecnológicos óptimos y de métodos de envasado, transporte y venta que mantengan las características deseadas en el producto final.

El concepto de calidad de un producto cárnico no resulta fácil definir, pero pueden considerarse tres aspectos fundamentales: seguridad, nutrición y satisfacción. La seguridad está determinada por la ausencia de microorganismos patógenos, antibióticos, hormonas u otros compuestos químicos que pueden ser perjudiciales para la salud del consumidor. Los factores nutricionales se relacionan con la composición química de la carne o elaborado cárnico en aquellos constituyentes (proteínas, grasas, hidratos de carbono y micronutrientes) cuyo consumo se considera esencial para el buen desarrollo de nuestro metabolismo. Finalmente, la satisfacción, el placer de consumir, que está relacionada con las características sensoriales y físicas del producto (sabor, olor, color, dureza, textura).

En términos generales, la composición de la carne se establece completamente durante la vida del animal, mientras que su calidad se ve fuertemente afectada por factores tanto ante mortem como post mortem. Todos los procesos que se producen tras el sacrificio son de gran importancia para los productos de calidad, porque la canal es mucho más susceptible que el animal vivo a tratamientos que puedan fomentar sus atributos de palatabilidad. Por ello, en este apartado sólo mencionaremos los factores ante mortem y nos extenderemos más en los post mortem, ya que este trabajo está planteado desde el punto de vista de la carne (Onega,2003).

La calidad es un término muy complejo que tiene diversas acepciones dependiendo de cuál sea la etapa del proceso (producción, comercialización, etc.) en que nos encontremos. La calidad higiénica es lo primero que debe tener la carne, libre de agentes bacterianos y de residuos que constituyan un riesgo para el consumo de esa carne (Gracey, 1989). Existe una legislación al respecto con unos parámetros mínimos de calidad. La calidad bromatológica hace referencia al valor nutritivo de la carne. La calidad tecnológica se relaciona con las propiedades de la carne que determinan su aptitud para la transformación y conservación (Dikeman, 1991). También existen otras acepciones como la calidad simbólica, relacionada con prohibiciones religiosas, imágenes ligadas a campañas publicitarias, etc., o la calidad de presentación, que hace referencia a las modificaciones de los cortes tradicionales, a nuevos productos con nuevas presentaciones, etc., que pueden variar la intención de compra (Sañudo, 1992).

Uno de los aspectos mas importantes desde el punto de vista comercial es la calidad organoléptica o sensorial (Romans y Norton, 1989; Ingr, 1990; Wal,1991; Boccard, 1992), que puede definirse como las características percibidas por los sentidos en el momento de la compra o del consumo, que influyen en la satisfacción sensorial (Sañudo, 1992). La caracterización de los factores determinantes de la calidad de la carne (Oliver y col., 1990) está adquiriendo una importancia creciente, en gran parte debida al interés de los consumidores por adquirir productos de calidad controlada, lo que ha desembocado en el incremento de las denominaciones de origen o de los distintivos de calidad en los productos alimenticios, que aseguran unas condiciones de producción y obtención controladas por instituciones oficiales (García, 2000).

Factores que afectan a la calidad final de la carne

Se ha reconocido desde hace tiempo que muchos parámetros durante la vida del animal pueden ejercer una influencia significativa tanto sobre la calidad como sobre la composición de la carne: la edad, el sexo, la nutrición, la funcionalidad muscular, el estrés, etc. Sólo recientemente se ha admitido que la calidad puede verse modificada, a veces en gran medida, al aplicar diversos tratamientos post mortem: el enfriamiento diferido o retardado, la maduración a alta temperatura, la estimulación eléctrica, las altas presiones, etc.

Factores ante mortem

Las características anatómicas del músculo influyen, sobre todo en el pH final, que varía en relación inversa al contenido en glucógeno en el momento del sacrificio. Temperaturas elevadas, de alrededor de 40ºC, aceleran el descenso del pH, necesitando menor número de horas para alcanzar el pH final (Pearson y Young, 1989). Los músculos con fibras rojas se caracterizan por un bajo contenido en glucógeno, al contrario que los de fibras blancas (Lawrie, 1998). Dentro de cada músculo hay diferente proporción de fibras blancas y/o rojas, por tanto, los valores de pH pueden ser distintos medidos en diferentes puntos del mismo músculo. Por ejemplo, los medidos en la porción media-torácica del músculo Longissimus thoracis et lumborum en ganado ovino son más bajos que los medidos en el extremo caudal (Dutson, 1983). Se han encontrado diferencias en el pH final de diferentes músculos debido a su distinto tipo metabólico (Ouhayoun y Delmas,

1988; Sañudo, 1980; López, 1987). En el vacuno se ha observado que los músculos de la espalda y de los miembros posteriores, y en particular el m. Longissimus thoracis et lumborum, son los que alcanzan con más frecuencia valores de pH anormalmente elevados (Tarrant y Sherington, 1980). La actividad muscular afecta al valor del pH, ya que cuanto menor sea ésta, la caída del pH será más rápida (Tarrant y Sherington, 1980). Existen diferencias según la localización anatómica de los distintos músculos en la dureza, en función sobre todo del tejido conjuntivo que contienen, siendo los que

presentan menor proporción de este tejido los más tiernos (Valin, 1988; Monin y Ouali, 1989). También existen diferencias dentro de un mismo músculo, por ejemplo, en el músculo Longissimus thoracis et lumborum la cantidad de tejido conjuntivo aumenta gradualmente desde el centro hacia los extremos (Dumont, 1990).

En el ganado ovino la raza parece no influir demasiado en los valores del pH (Dransfield y col., 1979; Sañudo y col., 1986, 1992b, 1999), ni tampoco en los de CRA (Sañudo y col., 1993). Sin embargo en canales ligeras de las mismas razas algunos autores encontraron diferencias (Sañudo y col., 1986) que parecen confirmar la idea de que las razas más precoces poseen una menor CRA (Hawkins y col., 1985; Fahmy y col., 1992; Sañudo y col., 1997). Las razas con mejor morfología y alto nivel de engrasamiento tienen menos capacidad de retención de agua y presentan una carne más jugosa que las de morfología más pobre o razas más magras (Cross, 1977). Se ha visto que el color de la carne puede variar con la raza (Boccard y Bordes, 1986; Sierra y col., 1986 ; Sañudo y col., 1992a).

La raza afecta también a las características de terneza de la carne, puesto que existen diferencias raciales en el tejido conjuntivo y en el tejido muscular (May, 1976). De todas formas, la raza es un factor menos importante que otros, porque existen grandes variaciones intrarraciales, que pueden llegar a ser mayores que el mismo efecto de la raza.

Las diferencias entre sexos están bien definidas: a la misma edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos, y los machos castrados son más tiernos que los enteros (Field, 1971; Misock y col., 1976; Touraille y Girard, 1985). No obstante, algunos autores contradicen estos resultados, puesto que no encontraron diferencias significativas (Kemp y col., 1981; Sañudo y col., 1986; López, 1987). En el ganado ovino, algunos autores han encontrado una escasa influencia del sexo sobre los valores del pH de la canal (Forcada, 1985; Sañudo y col., 1986).

Sin embargo, en la especie bovina, más susceptible al estrés que la ovina, sí se han encontrado diferencias (Jeremiah y col., 1991). Respecto del color, tampoco se registraron diferencias significativas entre sexos (López, 1987; Dransfield y col., 1990). También se han encontrado diferencias entre sexos debido al tejido conjuntivo (Prost y

col., 1975). Algunos autores relacionan la mayor dureza de la carne de los terneros machos con un mayor contenido de colágeno y de fibras rojas y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer y col., 1977). Otros añaden que una vez alcanzada la madurez fisiológica, la testosterona incrementa los niveles de colágeno en los machos y con ello la dureza de su carne (Hedrick y col., 1983).

Otro factor que influye en los parámetros de calidad de la carne es la edad de los animales. En general, se puede decir que la velocidad de caída del pH aumenta con la edad, existiendo una cierta tendencia a tener valores de pH más bajos a mayor edad (Sañudo y Sierra, 1982). Se admite, de forma general, que la cantidad de pigmentos aumenta con la edad (Charpentier, 1967; Jacobs y col., 1972; Lawrie, 1998; Renerre y Valin, 1979; Cross y col., 1986; Bruwer y col., 1987; Morbidini y col., 1994).

Varios autores han encontrado una notable influencia de la edad de los animales sobre la terneza: cuanto más jóvenes, más tiernos son (Boccard y col., 1979; Shorthose y Harris, 1990), pero llega una determinada edad en la que esa terneza disminuye al aumentar la edad del animal (Riley y col., 1986). Con el incremento de la edad se producen cambios en el colágeno (Dikeman y col., 1986), con un aumento del número de enlaces covalentes entre las moléculas y, por tanto, con una menor solubilidad (Kopp, 1976; Sorensen, 1981; Dumont y Valin, 1982; Cross y col., 1984).

La alimentación incide sobre el valor nutritivo de la carne, sobre su jugosidad, su flavor (Ciria y Asenjo, 2000) y sobre el color (Benito y col., 1979; López y col., 1981; Consigli, 1994;). La mejora de la alimentación mejora también la terneza de la carne como consecuencia del incremento del contenido de grasa de infiltración y del descenso relativo de la cantidad de colágeno presente en el músculo (Fishell y col., 1985).

El consumo de las reservas de glucógeno muscular en situación de estrés está relacionado directamente con la aparición de valores de pH elevados (Pinkas y col., 1982; Lawrie, 1988; Warris, 1990; Devine y col., 1993). El ganado ovino es poco estresable, mucho menos que el porcino (Brazal y Boccard, 1977). En general, la carne de los animales estresados es más oscura, presenta una mayor capacidad de retención

de agua y es más susceptible al ataque de los microorganismos, tendiendo a producir sabores anormales (Braggins y Frost, 1997), siendo las denominadas carnes DFD (Apple y col., 1993).

Factores post mortem

Enfriamiento

La velocidad y la temperatura de enfriamiento de la canal en las primeras horas tras la muerte tienen una gran influencia sobre la longitud y, por tanto, sobre la dureza de los músculos. Las bajas temperaturas post mortem pueden causar un acortamiento excesivo del músculo, dando lugar al problema denominado "acortamiento por el frío". No se observa un descenso apreciable de la terneza con acortamientos de un 20% que, sin embargo, desciende hasta un mínimo, para acortamientos entre un 35 y un 40% (Locker y Hagyard, 1963). Curiosamente, músculos con un 60% de acortamiento son casi tan tiernos como aquellos que no han sufrido este proceso (Greaser, 1986).

Se ha visto que los mayores acortamientos se producen a bajas temperaturas (<5ºC) y que se incrementan después de alcanzar 35ºC aproximadamente (Locker y Hagyard, 1963). Parece ser que la causa de este proceso está relacionada con la imposibilidad del retículo sarcoplásmico para secuestrar y ligar el exceso de iones calcio liberados por el retículo sarcoplásmico y las mitocondrias, bajo la influencia de las bajas temperaturas y el descenso del pH en el músculo en pre rigor (Kanda y col., 1977). Este problema es serio en vacuno y cordero, pero carece de significación en el cerdo (Cassens, 1971; Marsh y col., 1972), que tiene mayor proporción de fibras blancas en sus músculos.

Estas fibras blancas contienen menos mitocondrias y tienen más desarrollado el retículo sarcoplásmico, lo que parece contribuir a la resistencia de las fibras blancas al acortamiento por el frío (Cassens, 1971).

Si se mantienen las canales a 37ºC durante las primeras 2-4 horas post mortem, se incrementa la terneza (Roschen y col., 1950; Marsh y col., 1980). En ese mismo sentido, Marsh y col. (1968) observaron que, manteniendo la carne en pre rigor a unos 16ºC hasta el comienzo del rigor mortis, se evitaba el acortamiento por frío y el consiguiente

endurecimiento de la carne. Pero el método más utilizado para prevenir este fenómeno es la estimulación eléctrica de las canales, puesto que utilizar estas temperaturas tan altas durante la maduración de la carne puede favorecer el crecimiento microbiano más que las bajas temperaturas (Pearson, 1986).

Estimulación eléctrica

Cuando una corriente eléctrica adecuada (aproximadamente 300 V) atraviesa una canal poco después del sacrificio, las fases de la glicólisis y del rigor mortis se aceleran extraordinariamente, eliminando toda posibilidad de acortamiento por el frío, pese a que se la someta a un enfriamiento rápido e intenso (Bendall, 1980; Roncalés y col., 1999). Este proceso se comenzó a utilizar primero en ovino y luego en vacuno; para que sea efectivo debe realizarse una hora post mortem en vacuno, e incluso antes en el ovino (Bendall y col., 1976; Bendall, 1980). Se ha observado que canales de vacuno estimuladas eléctricamente alcanzan el rigor mortis en 4 horas, cuando el tiempo normal es de 15 a 20 horas (Bendall, 1980). La acción de este proceso parece ser debida, en parte, a la depleción de ATP y al acortamiento del inicio del rigor mortis. Sin embargo, el descenso de la dureza no se debe sólo a la ausencia del acortamiento por el frío, sino también a la estimulación de la proteolisis por activación de las enzimas lisosomales (Dutson y col., 1980a,b).

Otro mecanismo por el que la estimulación eléctrica impediría el endurecimiento de la carne es la rotura tisular como consecuencia de la violenta contracción producida (Dutson y col., 1980b). Además de su efecto ablandador, la estimulación eléctrica tiene otros efectos deseables, principalmente de naturaleza estética: un color brillante y la eliminación del “heat ring”, una alteración consistente en la aparición de un anillo de distinto color en el músculo m. Longissimus thoracis et lumborum debido a un enfriamiento muy rápido, especialmente acusado en canales de vacuno con escasa cobertura grasa (Seideman y Cross, 1982).

Maduración

Los procesos metabólicos, aún en desarrollo en el músculo después de la muerte,

pueden considerarse concluidos con la aparición de la rigidez cadavérica. La carne lista para el consumo se obtiene después de un cierto tiempo de almacenamiento en refrigeración (0-5ºC), tras el cual la carne resulta más tierna y jugosa (Carballo y López de Torre, 1991). Para una maduración correcta es importante que exista una adecuada acidificación de la carne (pH de 5,4 a 5,8). Valores finales de pH elevados pueden conducir a una alteración bacteriana. Durante la maduración se produce un ligero aumento del pH, aunque no debe superar el valor de 6,0 para evitar el riesgo de alteración microbiana, que aumenta con los días de maduración. Los mayores problemas de esta práctica consisten en el espacio de refrigeración requerido y en la apreciable pérdida de peso que tiene lugar a menudo (Pearson, 1986).

Se acepta, generalmente, que existe una proteolisis del tejido conectivo y de las fibras musculares durante la maduración debido a la presencia de proteinasas endógenas del músculo (Whitaker, 1959; Bird y col., 1980). También la proliferación microbiana puede contribuir con enzimas exógenas a la hidrólisis de diferentes proteínas de la carne. Mediante microscopía electrónica de transmisión se ha observado una evidente ruptura de la línea Z en la carne madurada (Tarrant y col., 1971; Abbott y col., 1977). Sin embargo, ha sido difícil probar algún otro cambio químico de importancia durante la maduración (Whitaker, 1959; Bodwell y Pearson, 1964). Se piensa que estas enzimas juegan un papel fundamental; sin embargo, el grado de proteolisis ha sido menor del que cabría esperar por el incremento de terneza observado, pero incluso menores cambios en la estructura de las proteínas pueden causar mayores alteraciones en sus propiedades físicas (Whitaker, 1959).

Algunos autores han discutido la estructura y función del colágeno y su comportamiento durante la maduración. Sugieren que la cantidad de enlaces inter- e intramoleculares pueden alterar las propiedades del músculo, especialmente la terneza. Se sabe que ciertas enzimas hidrolizan el colágeno y podrían jugar un papel importante alterando las propiedades del tejido conectivo durante la maduración (Bodwell y McClain, 1971). Las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas experimentan un diferente grado de transformación durante la maduración. La actomiosina, que se encuentra en estado no disociado durante la rigidez cadavérica, es en cierta medida liberada dentro de la

estructura miofibrilar, a no ser que se presente el acortamiento por el frío. En esta fase se extrae, junto con la actomiosina, la actina, la tropomiosina y la troponina (Dayton y col., 1976). Esta extracción de las proteínas miofibrilares está también condicionada por el pH final y por la temperatura. Cuanto más elevado sea el valor del pH final y menor sea la temperatura (no superior a -15ºC), mayor será la posibilidad de extracción de las proteínas miofibrilares y viceversa. La terneza de la carne está correlacionada con la facilidad de extracción de las proteínas miofibrilares. Se considera que en el ablandamiento de la carne interviene también la posibilidad de que la red del retículo sarcoplasmático pueda perder su integridad en torno a las miofibrillas individuales (Price y Schweigert, 1994).

Entre los hechos que caracterizan la maduración de la carne cabe destacar el desarrollo del aroma y también la modificación del color. Durante este periodo se deseca la superficie de la carne, aumentando la concentración de sales y favoreciéndose la formación de metamioglobina (Lawrie, 1966). Según algunos autores (Chasco y col., 1995), la maduración aumenta el valor de a* (índice de rojo) provocando que la carne posea un color más rojo y más intenso. Los procesos post mortem acontecidos hasta la instauración de la rigidez cadavérica conducen a la degradación de ATP hasta la formación de inosín-monofosfato (IMP), que al degradarse da lugar a ribosa, fosfato e hipoxantina. A esta última molécula se le atribuye un efecto favorable sobre las características sensoriales de la carne (Prändl y col., 1994). También se producen compuestos que contribuyen al aroma de la carne madurada por degradación de proteínas y grasas (Touraille y Girard, 1985).

Congelación

La congelación en sí misma no representa un efecto deletéreo en la calidad de la carne post rigor, y la velocidad de congelación tiene un efecto inapreciable en este tipo de carne. Sólo si la carne se congela rápidamente antes de que el rigor mortis haya sido completado, los músculos se pueden acortar muy apreciablemente si la descongelación se lleva a cabo de manera rápida (Forrest y col., 1975) y, además, puede acompañarse de considerables pérdidas por goteo (Marsh y Thompson, 1958).

Este proceso llamado “rigor de la descongelación” o “thaw rigor” puede prevenirse fácilmente postergando la operación de congelado hasta que se complete el proceso de rigor mortis, o por medio de una estimulación eléctrica de la canal que acelera su consecución y permite congelar la carne en fase pre rigor sin problemas posteriores (Davey y Gilbert, 1973). Locker y col. (1975) han señalado que los efectos de este fenómeno indeseable pueden ser minimizados descongelando lentamente la carne. Además indican que la glicolisis continúa durante la congelación, y que un periodo suficiente de almacenamiento en congelación puede prevenir el rigor por descongelación. Otra alternativa posible es el empleo de enzimas proteolíticas exógenas como, por ejemplo, la papaína, que pueden inyectarse al animal antes del sacrificio para mejorar la terneza (Carballo y López de Torre, 1991).

Este fenómeno parece estar producido por un excesivo flujo de sales en la descongelación, que conduce a una liberación de cantidades excesivas de calcio, de manera que el retículo sarcoplasmático se satura (Bendall, 1961). El exceso de iones calcio se mueve a los espacios intracelulares, causando una contracción excesiva. El inicio del rigor de la descongelación se produce cuando la cantidad de ATP es relativamente alta, de aproximadamente un 40% (Newbold, 1966).

La carne que ha sido congelada en estado pre rigor y que se descongela muy rápidamente sufre menos rigor por descongelación que la que se descongela más lentamente. Aparentemente, la descongelación rápida minimiza el flujo de sales dentro de los espacios intercelulares y, por tanto, causa menor acortamiento (Pearson, 1986). Cuando se descongela una carne que ha sido congelada en pre rigor, atraviesa una etapa en la que las miofibrillas son capaces de contraerse, mientras que el retículo sarcoplásmico (dañado por los cristales de hielo en la congelación) es incapaz de parar la contracción. Si se alcanza una temperatura elevada después de la descongelación, y todavía persiste una cantidad suficiente de ATP, el retículo sarcoplásmico puede reanudar su función normal y puede producirse una relajación muscular (Bendall, 1973).

Durante el almacenamiento prolongado en congelación puede producirse una pérdida de calidad. La desecación superficial o “quemadura por el frío” se origina por un envasado inadecuado, sin vacío, y se acelera por temperaturas de congelación

altas o fluctuantes, que favorecen la sublimación en superficie de los cristales de hielo y su posterior recristalización. A menos que el oxígeno sea completamente eliminado y la temperatura se mantenga extremadamente baja (menos de -60ºC), no se suprimen totalmente los cambios en el flavor por la oxidación directa de la grasa o bien por una lenta actividad lipasa (Prändl y col.,1994). Estos problemas pueden eliminarse por tratamientos térmicos que inactiven las enzimas implicadas o empleando aditivos que aumenten la estabilidad. También pueden producirse defectos en el color de la carne: pueden aparecer tonalidades violáceas en las carnes rojas, causadas por degeneraciones oxidativas, que pueden ser controladas por envasado al vacío u otro método que excluya el oxígeno (Carballo y López de Torre, 1991).

Método de cocinado

El cocinado de la carne es un factor de gran importancia pues influye en muchas características de su calidad. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor. Durante el cocinado se producen dos cambios fundamentales: las fibras musculares se hacen más duras por coagulación, y el tejido conectivo se hace más blando, por conversión del colágeno en gelatina (Lawrie, 1966; Davey y Gilbert 1974; Harris y Shorthose, 1988). Aunque el efecto endurecedor de las fibras y el ablandador del colágeno dependen del tiempo y de la temperatura (Dransfield, 1977), es el factor tiempo el más importante en el caso del colágeno, mientras que para las fibras lo es la temperatura. Por ejemplo, para músculos o trozos de carne que poseen sólo pequeñas cantidades de tejido conectivo (por ejemplo, el lomo) se usan métodos de cocinado que combinan calor seco y tiempos cortos para minimizar el efecto endurecedor sobre las fibras musculares (Resurreccion, 1994).

El primer proceso producido cuando se calienta la carne es la coagulación de las proteínas musculares, que comienza entre 30 y 40ºC. Este proceso continúa y a los 50ºC se completa la degradación de la α-actinina, que es la más lábil de todas estas proteínas. A los 55ºC se vuelven insolubles las cadenas ligeras de la miosina, y a los 70-80ºC lo hace la actina. La miosina y la troponina son las proteínas más resistentes al calor y

coagulan a 80ºC (Bouton y col., 1975; Stabursvik y Martens, 1980; Resurreccion, 1994).

Simultáneamente a la coagulación se produce un descenso en la CRA de la carne que se produce entre 40 y 50ºC y continúa hasta la temperatura final de cocinado (Hamm, 1966). La degradación del colágeno comienza alrededor de los 70ºC, pero la gelatinización completa no se produce hasta alcanzar los 100ºC, a menos que el calentamiento se continúe durante un prolongado periodo de tiempo (Lawrie, 1966). Machlik y Draudt (1963) encontraron en el músculo m. semitendinosus que los valores de la fuerza de cizallamiento variaban poco a temperaturas hasta 50ºC, pero decrecían en muestras cocinadas a 54ºC y alcanzaban un mínimo en las cocinadas a 60-64ºC, se supone que debido a la contracción del colágeno.

El color también se ve afectado por el cocinado. A medida que progresa el calentamiento, el color de la carne se convierte en marrón, y la intensidad de este color depende de la temperatura y de la cantidad de azúcares reductores presentes (Sharp, 1957; Pearson y col., 1962, 1966). Parte del cambio de color observado durante el calentamiento es resultado de la desnaturalización de la mioglobina y de la hemoglobina residual (Kramlich y col., 1973; Hultin, 1985). Debido al calentamiento también se produce una fusión de la grasa, que junto con los cambios en la CRA de la carne dan lugar a variaciones en propiedades sensoriales como la jugosidad (Resurreccion, 1994). El desarrollo del flavor de la carne se produce a temperaturas superiores a los 70ºC (Cross y col., 1986).

Dentro de los métodos de cocinado, el calentamiento en seco se caracteriza por usar tiempos cortos y temperaturas altas, pero produce un endurecimiento excesivo y, generalmente, no se recomienda. Por su parte, los valores de pérdidas por cocinado son menores para filetes asados al horno que para los asados a la plancha (McCrae y Paul, 1974; Resurreccion, 1994). Un método muy utilizado en los últimos tiempos, el cocinado con microondas, produce mayores pérdidas por goteo que los métodos de asado convencionales (McCrae y Paul, 1974; Howat y col.,1987).

Lección 9. Parámetros que definen la calidad organoléptica de la carne

La calidad organoléptica o sensorial, definida anteriormente, viene dada por unos parámetros enormemente variables, fácilmente modificables, objetivos y mensurables, intrínsecos a la propia naturaleza de la carne, y determinantes en el momento clave de todo proceso productivo-tecnológico, es decir, en el momento de la compra-ingestión. Las características organolépticas que van a influir en la palatabilidad de la carne son, fundamentalmente, la textura, la jugosidad, el aroma, el sabor y el color. Por su parte, estos atributos se hallan influidos, como ya se ha mencionado, por la especie, la raza, la edad, el sexo, la dieta y el manejo post mortem, entre otros.

Textura

La textura de los alimentos es un conjunto de sensaciones distintas, un parámetro multidimensional, y por ello es complicado obtener una definición válida de la misma consultando el diccionario. Por este motivo, diversos autores han propuesto sendas definiciones (Scott-Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa-Morales, 1994) de las que se podría escoger como la más adecuada la siguiente: “textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.” No se puede hablar de la textura de un alimento como una propiedad única de éste, sino que hay que referirse a los atributos o a las propiedades de textura de ese alimento (Anzaldúa-Morales, 1994).

Dentro de los atributos de la textura, el más destacado es la dureza. En este sentido, numerosos estudios sensoriales y de laboratorio muestran que la dureza es el atributo más importante en la carne de vacuno (AMSA, 1978). Este parámetro es menos variable en la carne de cerdo, cordero y ternera, que en la de vacuno mayor.

La dureza de la carne cocinada se atribuye, fundamentalmente, al tejido conectivo y a las proteínas contráctiles (Marsh, 1977; Miller, 1994). Para algunos autores (Hill, 1966) la solubilidad del colágeno es el factor fundamental en la dureza de la carne; mientras que otros (Young y Braggins, 1993), señalan que la concentración de colágeno es determinante en la valoración de la dureza de la carne ovina por un panel sensorial, mientras que la solubilidad está más relacionada con la fuerza de corte.

También influyen en este parámetro el número y el tamaño de los paquetes de fibras contenidas en el músculo. En animales grandes, como el ganado vacuno, estos paquetes son mayores que en animales más pequeños como el cordero o el cerdo (Carballo y Lopez de Torre, 1991).

Sobre la dureza influyen fundamentalmente tres componentes (Van Hoof, 1981). Por un lado, el "grano" de la carne y el tipo de fibras musculares, es decir, el tamaño de los haces de fibras musculares, y el número de fibras que cada uno de ellos contiene, ya que los distintos tipos de estas fibras presentan diferentes capacidades de contracción y de retención de agua y, por tanto, reaccionan de distinta forma a la temperatura.

En segundo lugar, inciden sobre la dureza la longitud del sarcómero y de las miofibrillas, de forma que cuanto mayor es el estado de contracción mayor es la dureza. Algunos autores, sin embargo, consideran que no existe una relación lineal entre estos dos parámetros (Dunn y col., 1993). Otros (Smulders y col., 1990) afirman que la dureza es completamente independiente de la longitud del sarcómero en los músculos de rápida glucolisis post mortem. Davis y col., (1980) afirman que la dureza disminuye a medida que aumenta la longitud del sarcómero. Por último, como ya hemos dicho, influye la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo (Nakamura y col., 1975). Una mayor cantidad de colágeno implica mayor dureza, pero mucho más si está muy polimerizado, con lo que disminuye su solubilidad (Touraille, 1978).

Adicionalmente, la actividad enzimática es muy dependiente de la temperatura y a medida que la temperatura post mortem cae, la actividad de las enzimas implicadas en la degradación miofibrilar, calpaína y calpastatina, disminuye. Por tanto, la degradación miofibrilar, la cual se ha relacionado con descensos en la dureza de la carne, se ve reducida (Miller, 1994). La extensión del ablandamiento es proporcional al nivel de calpaínas y de calpastatina (Shackelford y col., 1991; Koohmaraie, 1992).

Shackelford y col. (1991) han observado que el inhibidor de las calpaínas (calpastatina) es el parámetro mejor correlacionado con la dureza tras 14 días de almacenamiento a 2ºC, y especularon sobre su papel como regulador de la dureza. El pH también influye sobre la dureza; así algunos estudios han mostrado que la dureza probablemente alcanza su valor más bajo si la glicolisis post mortem se verifica a una

velocidad intermedia (correspondiente a un pH alrededor de 5,9 a las 3 horas postmortem) y es mayor con una velocidad más lenta o más rápida (Smulders y col., 1990).

Dentro del mismo músculo la dureza también varía, por ejemplo, en el lomo, aumentando desde el centro hacia los extremos, debido sobre todo a la cantidad de tejido conectivo que contienen (Dransfield y col., 1982; Dumont, 1990). Los animales jóvenes contienen más colágeno total que los animales más viejos. Se ha establecido claramente que muchos de los puentes covalentes que unen las moléculas de tropocolágeno son relativamente lábiles en los animales jóvenes y se hacen más estables conforme aumenta la edad (Miller, 1994).

Este descenso en la proporción de puentes covalentes lábiles/estables es el responsable de la contribución del colágeno a la dureza de la carne cocinada (Cross y col., 1973). Locker (1959) observó que los músculos de una canal de vacuno entraban en rigor mortis en diferentes estados de contracción; después demostró (Locker, 1960) que los músculos relajados eran menos duros que los que se habían acortado o contraído. Muchos estudios han mostrado el endurecimiento que causa el “acortamiento por el frío” en vacuno (Marsh y Leet, 1966) y en cordero (McCrae y col., 1971). También parecen existir diferencias en cuanto a la dureza debidas al factor raza (May, 1976; López, 1987; Sierra y col., 1988), aunque éstas son relativamente poco importantes, porque dentro de la misma raza se pueden dar variaciones mayores.

Dransfield y col. (1979) afirman que el grado de enfriamiento de la canal es un factor mucho más determinante que la raza. El factor sexo tampoco parece tener un efecto especialmente importante. En animales jóvenes, Sañudo y col. (1986) no encontraron diferencias significativas entre machos y hembras, como tampoco lo hicieron Kemp y col. (1981); Sierra (1986) y López (1987). Dransfield y col. (1990) tampoco encontraron diferencias en la dureza de machos enteros y castrados, al contrario que Alvi (1980) que detectó que los animales enteros eran algo más duros que los castrados.

Otros autores afirman que los machos tienen mayor dureza debido a un mayor contenido en colágeno y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer y col., 1977), y a que la testosterona incrementa los niveles de colágeno (Hedrick

y col., 1983). Estos y otros factores, tanto ante mortem como post mortem, comentados en el apartado anterior, influyen en gran medida en la dureza de la carne. La mejora del nivel de alimentación conduce a un descenso de la dureza, relacionado con un descenso de la tasa de conjuntivo, un veteado más abundante, un pH último ligeramente más elevado y un aumento de las fibras musculares blancas (Monin, 1989).

El consumidor confiere una mayor importancia a la dureza como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie, 1998; Ouali, 1991). Chambers y Bowers (1993) afirman que la dureza decide el valor comercial de la carne, y Boleman y col. (1997) confirman que el consumidor paga por una carne menos dura. En este sentido también coinciden Dransfield y col. (1984a) y Seideman y col. (1989), que afirman que el elemento prioritario considerado por los consumidores al valorar la calidad de la carne es la dureza (su ausencia, claro está). Otros autores señalan que tanto la dureza como el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor (Pearson, 1966; Prescott y Hinks, 1968). Mientras que otros autores opinan que la dureza y el flavor son considerados por los consumidores como los elementos más importantes de la calidad sensorial, mientras que el color es el principal atributo valorado en el punto de compra (Glitsch, 1997).

El conjunto de sensaciones ligadas a la textura son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales; por ello, las técnicas sensoriales de momento son las más válidas para valorar este complejo atributo. Algunos investigadores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Costell y Duran, 1981), y de todos los parámetros instrumentales propuestos, la medida de la dureza es el que suele obtener mejores correlaciones el análisis sensorial.

Jugosidad

La jugosidad de la carne cocinada se puede separar en dos percepciones: la primera es la impresión de humedad durante los primeros mordiscos, producida por la liberación rápida de fluidos. La segunda es debida a la liberación lenta de suero y al potencial efecto estimulador de la grasa en la producción de saliva (Jennings y col.,

1978; Hönikel, 1987; Sañudo, 1992). Como esta última percepción perdura mucho más en el tiempo que la liberación inicial de fluidos, es comprensible que la mayoría de los estudios que tratan los parámetros que afectan a la jugosidad de la carne muestren la existencia de una estrecha correlación entre la jugosidad y el contenido de grasa, y no con la cantidad de fluidos surgidos por presión de la carne (Cross, 1994).

De todas formas, la jugosidad está muy relacionada (implicada directamente en la fase inicial de la masticación) con la capacidad de retención de agua. Este parámetro es de una gran importancia económica y sensorial, ya que una carne con una menor CRA implica mayores pérdidas por oreo, que pasan de un valor normal de un 2%, a un valor entre un 5 y un 7%, y también mayores pérdidas durante la conservación. También se producirán pérdidas al despiezar y filetear la carne, impidiendo su venta preembalada. En el cocinado habrá una rápida salida de jugo, agravada por una precontracción del colágeno y una desnaturalización proteica, llegando las pérdidas al 50% (Hamm, 1966).

La jugosidad de la carne cocinada de las diferentes especies y de las diferentes localizaciones anatómicas varía enormemente (Lawrie, 1966). Si, como se sugería antes, la sensación de jugosidad de la carne cocinada se relaciona más con el contenido de grasa, entonces la mayoría de los parámetros que condicionan el contenido grasa intramuscular se verán reflejados en esta percepción de jugosidad. Así, la carne bien veteada de los animales maduros, que es más grasa, podría ser más jugosa que la de los animales jóvenes con menor contenido de grasa intramuscular (Jennings y col., 1978; Smith y col., 1982; Sañudo, 1992).

Se admite que el ganado porcino tiene como especie una mayor sensibilidad al estrés y, por lo tanto, carnes más exudativas que los bovinos, en los que destaca, especialmente en los machos, una cierta tendencia a producir carnes DFD. El ganado ovino ocupa una posición intermedia (Brazal y Boccard, 1977). En el ganado bovino la CRA tiende a disminuir cuando el desarrollo muscular (hipertrofia) aumenta, lo que estaría claramente relacionado con lo que ocurre en ciertas estirpes selectas y muy mejoradas en porcino. En los ovinos las diferencias raciales no parecen muy marcadas, ni tampoco las sexuales.

Sin embargo, la edad si tiene un cierto efecto: en bovinos la CRA disminuye con la edad (Wismer-Pedersen, 1994), y algo parecido ocurre con el ovino, debido a la mayor velocidad de caída del pH post mortem (Hamm, 1981, 1982; Sañudo y Sierra, 1982; López, 1987; Jaime, 1988). En vacuno algunos autores encontraron diferencias entre razas (Albertí y col., 1995). Las razas con mayor ganancia media diaria presentaron menor CRA, mayor dureza y menor engrasamiento. Por otro lado, la estimulación eléctrica de las canales de cordero y su velocidad de enfriamiento fue estudiada, entre otros, por Rashid y col. (1983), y no encontraron diferencias significativas en la capacidad de retención de agua. Un aumento del acortamiento del músculo implicaría una disminución en la CRA (Hönikel y col., 1986).

La jugosidad y la dureza están íntimamente relacionadas; a menor dureza, más rápidamente se liberan los jugos al masticar y aparece más jugo. Para carnes duras, sin embargo, la jugosidad es mayor y más uniforme si la liberación de jugo y de grasa es lenta. Quizá el parámetro más importante que influye sobre la jugosidad de la carne cocinada es el proceso mismo de cocinado (Price y Schweigert, 1994).

La pérdida de jugo es función casi lineal de la temperatura entre 30 y 80ºC, y puede llegar a valores del orden del 40% del peso inicial y está ligada a la desnaturalización térmica de las proteínas miofibrilares, con una retracción transversal de las fibras, lo que provoca un aumento del espacio interfibrilar y una migración del agua a esta zona, la cual tiende a ser expulsada a temperaturas superiores a los 60ºC (Hamm, 1986).

En general, los tratamientos que producen la mayor retención de fluidos y de grasa originan las carnes más jugosas. Por esta razón, la jugosidad varía inversamente con las pérdidas por cocinado. Las carnes de cerdo, ternera y cordero, que habitualmente se cocinan más intensamente, son menos jugosas que la de vacuno (Lawrie, 1966). Una temperatura baja al asar en horno produce menos pérdidas por cocinado y una carne más jugosa (Cross y col., 1979; Carlin y Harrison, 1978). La mayoría de autores señalan pérdidas superiores en la carne sometida a un cocinado lento (Pospiech y Hönikel, 1991), mientras otros tienen una opinión opuesta (Appel y Löfqvist, 1978; Choun y col., 1986).

Existe otra postura que señala que el grado de cocinado no afecta a la CRA del tejido muscular (Tyszkiewicz y Tyszkiewicz, 1966). Sin embargo, hay que tener en cuenta no sólo el tiempo de cocción, sino también el tipo de cocinado, en función de la temperatura, de la presencia de agua, del calor directo, del tamaño, del grosor y de la preparación previa de la pieza (Sierra, 1977).

Flavor

El flavor de un alimento corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas provocadas en el momento del consumo. Este término engloba el olor del alimento, ligado a la existencia de compuestos volátiles, y el sabor, que tiene su origen en algunas sustancias solubles. Estos compuestos químicos están presentes en concentraciones muy pequeñas, que no afectan al valor nutritivo, pero sí a la aceptabilidad. El flavor se percibe en el momento del consumo, desarrollándose ya antes de la introducción del alimento en la boca, durante la masticación, y durante y después de la deglución (Patterson, 1975).

El sabor depende de la carnosina, de los nucleótidos, de ciertos aminoácidos libres, de la acción de microorganismos, de la presencia de ácidos grasos libres y del grado de lipolisis de la carne. Gracias a diversos estudios (Hornstein y Wasserman, 1987; Miller, 1994) se sabe que los precursores del sabor en las carnes magras son solubles en agua, y que el principal papel en el desarrollo del característico flavor de la carne magra lo realiza una reacción no enzimática entre azúcares reductores y aminoácidos.

Los lípidos probablemente contribuyen a las diferencias entre especies en virtud de su composición y sirviendo como reservorio de sustancias liposolubles olorosas o reactivas, que son características de las diferentes especies animales (Hornstein y Crowe, 1960, 1963; Wasserman y Talley, 1968; Wasserman y Spinelli, 1972; Moody, 1983; Smith y col., 1983; Cramer, 1983; Crouse, 1983). La coloración va asociada al sabor de la carne. La carne muy pálida puede considerarse insípida, y la muy oscura demasiado sápida (Carballo y Lopez de Torre, 1991).

La carne cruda fresca tiene un débil olor que ha sido descrito como recuerdo del ácido láctico comercial (Cross y col., 1986). La carne de animales más viejos ofrece un

olor más fuerte que la de animales más jóvenes de la misma especie (Miller, 1994). En el verraco se produce ocasionalmente un acusado olor sexual (Patterson, 1968a, 1968b; Thompson, 1972); por otra parte, el intenso olor a cordero estaría ligado a la presencia de determinados ácidos grasos ramificados e insaturados (Wong, 1975).

La identificación de la especie sobre la base del flavor de la carne roja, en el bovino y en el ovino se efectúa, si se consume en caliente, sin dificultad; a la inversa, esta operación es mucho más difícil cuando se analizan carnes blancas de ternera, de cerdo o de aves. Esto es debido a que estas carnes son magras, con pocos lípidos intramusculares. La influencia del factor raza sobre el flavor es discutida. En el caso de los bovinos, diversos estudios muestran que no existen diferencias importantes en el flavor de la carne, considerando razas de carne o lecheras (Touraille y Girard, 1985). Parece que el sexo influye débilmente sobre el flavor del magro (Ford y Park, 1980; Seideman y col., 1982; Kirton y col., 1983), aunque en animales que han alcanzado la pubertad se observan diferencias significativas, debido a la presencia de olores sexuales originados por sustancias liposolubles.

En los bovinos se señalan diferencias entre machos enteros y castrados, pero no tan claramente entre machos y hembras; lo mismo ocurre en los ovinos. Hay importantes diferencias individuales con respecto al flavor, todavía no bien conocidas y que podrían estar ligadas al genotipo, o también a la diferente susceptibilidad al estrés y, por lo tanto, al pH de la carne (Lawrie, 1966; Miller, 1994).

Además de las diferencias características inherentes en los precursores del aroma entre las diferentes especies, el flavor final puede verse influido por la dieta del animal (Melton, 1983; Field y col., 1983), el estrés previo al sacrificio y los cambios de composición que tienen lugar en la carne durante la maduración y el procesado. La influencia de la alimentación sobre el flavor se considera fundamental (Melton, 1983; Field y col., 1983). La composición de las grasas corporales y, por lo tanto, el flavor, están íntimamente ligados, especialmente en los monogástricos, a la ración alimenticia. Raciones más energéticas irían acompañadas de un mayor engrasamiento y, por tanto, de flavores más intensos (Miller, 1994).

La temperatura y el tiempo de almacenamiento también influyen en el flavor.

Temperaturas bajas, de unos -18ºC, mantienen un flavor agradable durante cuatro veces más tiempo que las de -9 o -12ºC. Todo ello depende del músculo y de la especie considerada. En general, a -18ºC no existirían problemas hasta los 12 meses en bovino, 9 meses en ovino y 6 meses en porcino (Prändl y col., 1994).

El almacenamiento prolongado, especialmente en condiciones desfavorables, puede causar el desarrollo de aromas proteolíticos por la descomposición proteica, olores acres o pútridos por el crecimiento microbiano, u olores rancios por la oxidación de la grasa (Caul, 1957; Newton y Gill, 1980, 1981). Parece que los catadores empezarían a encontrar aromas extraños cuando los recuentos microbiológicos totales alcanzan valores de 108 microorganismos/grano de carne (Price y Schweigert, 1994). Por otro lado, la velocidad de descongelación no parece tener influencias muy importantes sobre el flavor (Vanichseni y col., 1972).

El aroma de la carne cocinada es mucho más pronunciado que el de la carne cruda y se ve afectado por el método de cocinado, el tipo de carne y el tratamiento de la misma previo a su cocinado (Cross y col., 1986; Barton-Gade y col, 1988). Muchos de los olores de la carne cruda antes descritos pueden mantenerse en la carne cocinada, y de hecho algunos de ellos se pueden intensificar al calentar: por ejemplo, el olor sexual del cerdo es mucho más intenso durante el cocinado (Patterson, 1968a, 1968b; Thompson, 1972; Cross, 1994). En general, los métodos ultra rápidos, como el microondas, pueden liberar ocasionalmente compuestos que provocan olores desagradables. Temperaturas elevadas dan un mayor predominio de compuestos de Maillard con los consiguientes sabores a tostado (Cross y col., 1986).

Color de la carne

El color se define como la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible del espectro. Otros atributos relacionados con el color son el tono y la saturación de un color, y la luminosidad. El tono es la propiedad de color definida por el estado químico del pigmento. La saturación se refiere a la cantidad de mioglobina presente, y la luminosidad es función del estado físico de la superficie de la carne, y se define como el grado de luminosidad de un color con relación

a un gris neutro en una escala que se extiende del negro absoluto al blanco absoluto (Brazal, 1975; Warris y col., 1990; Anónimo, 1996).

El sistema de representación del color más adecuado es el CIELAB (CIE, 1986), ya que se presenta más uniforme en la zona de los rojos (Hernández, 1994). Este sistema emplea las coordenadas tricromáticas L* (luminosidad), a* (índice rojo) y b* (índice de amarillo), de manera que a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener las coordenadas colorimétricas, la intensidad de color o saturación y el tono. La coordenada L* es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (Murray, 1989). Depende de varios factores como el pH, la capacidad de retención de agua, la humedad, la integridad de la estructura muscular y, en menor medida, del grado de oxidación de los hemopigmentos (Palombo y Wijngaards, 1990; Sayas, 1997).

También influye el contenido en grasa, pues las materias primas con mayor contenido en grasa son las que presentan mayores valores de L* (Pérez-Álvarez y col., 1998). La coordenada a* (eje rojo-verde) está relacionada con el contenido de mioglobina (Pérez-Álvarez y col., 1998). La coordenada b* (eje amarillo-azul) ha sido relacionada con los distintos estados de la mioglobina (Pérez-Álvarez, 1996). En un trabajo posterior (Pérez-Álvarez y col., 1998) se concluyó que la concentración de mioglobina no es un factor determinante sobre esta coordenada, ya que si lo fuera, cabría esperar un comportamiento similar al obtenido para la coordenada a*. Sin embargo, observaron que las carnes grasas presentan valores de b* similares a los obtenidos para las carnes magras. Este comportamiento podría deberse a una mayor contribución por parte de la grasa al índice de amarillo. Según Kang y col. (1998), el valor de a* puede ser útil para predecir la concentración de mioglobina y el color de la carne.

La apariencia física de la carne es la principal característica en que se basa el consumidor al hacer su elección inicial (Clydesdale, 1991; Krammer, 1994). Considerando los factores que comprenden el aspecto físico, los investigadores están de acuerdo en otorgar al color de la carne uno de los papeles más relevantes. Adams y Huffman (1972) indicaron que el consumidor relaciona el color de la carne con su frescura. El consumidor ha aprendido a través de la experiencia que el color de la carne fresca de vacuno es rojo brillante y considera inaceptable cualquier

desviación (Urbain, 1952; Beriain y Lizaso, 1997). Cuando la metamioglobina, de color marrón-pardo, supone más del 20% del pigmento total en superficie, dos de cada tres compradores no adquieren la carne (Hood y Riordan, 1973).

En los países Mediterráneos, como España, un color pálido es asociado con carne de animales jóvenes, la cual es preferida por el consumidor, teniendo una gran influencia sobre el precio de venta (Colomer-Rocher, 1978; Fernández, 1991). Por otra parte, existen otros países en los que la carne más oscura es más fácilmente aceptada (Caballero y col., 1995; Albertí y col., 1995). De todas formas, generalmente el consumidor pide carnes cada vez más blancas y con menos grasa, lo que significa que no está bien informado ya que el color no tiene ninguna implicación en cuanto al valor nutritivo. Se conocen muchos factores que influyen en el color de la carne.

Entre ellos hay factores biológicos como el tipo de músculo (Monin, 1989), la raza (Boccard y col., 1980; Renerre, 1984; Boccard y Bordes, 1986) y la edad (Sierra, 1974); factores bioquímicos como la tasa de consumo de oxígeno, la autooxidación de la mioglobina, o la reducción enzimática de la metamioglobina (Lawrie, 1983; Ledward, 1984) y factores extrínsecos como el sistema de alimentación (Rodhes, 1971; Sañudo y col., 1989; Lapière y col., 1990), o el uso de estimuladores del crecimiento (Beermann y col., 1985). Por último, también se consideran factores físico-químicos como el pH (Faustman y col., 1990), la temperatura (Renerre, 1987), la estimulación eléctrica de las canales (Riley y col., 1980; Moore y Young, 1991; Powell, 1991), el almacenamiento (Moore, 1990), etc.

El principal factor que conduce a la decoloración de la carne es la acumulación de metamioglobina durante su almacenamiento (Ledward, 1985). El envasado en atmósferas modificadas (con dióxido de carbono o nitrógeno, por ejemplo) puede solucionar este problema, pero reduce el tiempo de conservación respecto del vacío (Miller, 1994).

Respecto del sexo, aunque las diferencias no son importantes (Mohan Raj y col.,1992), se puede decir que las hembras tienen las carnes más oscuras (mayor cantidad de pigmentos) que los machos (Renerre, 1986). También se ha observado un aumento del contenido en pigmento con la edad (Charpentier, 1967; Renerre, 1982; Powell, 1991; Gil y col., 1998), relacionado con el aumento de la infiltración de grasa

intramuscular, lo que crearía mayores dificultades de oxigenación, y un color más oscuro (Renerre y Valin, 1979). Aunque otros autores han observado que la estabilidad del color tiende a disminuir con la edad (Urbain, 1952; Renerre y Valin, 1979; Renerre, 1982; Sañudo, 1993; Renerre y col., 1996). También cabe destacar que la influencia de la edad es más o menos marcada según los músculos; por ejemplo, el lomo es precoz en la formación de su mioglobina (Swatland, 1991).

El color de la carne también está influido por la capacidad de retención de agua, porque cuando tiene agua ligada absorbe más radiaciones, dando una impresión de carne mucho más oscura. Por el contrario, cuando el agua en la carne está libre, la superficie aparece húmeda y refleja mayor proporción de radiación, dando una apariencia mucho más clara (Carballo y López de Torre, 1991). Otros pigmentos de la carne, como los citocromos, la catalasa y las flavinas, influyen en el color de la carne, pero con menor importancia (Miller, 1994). La temperatura de almacenamiento afecta al color del músculo debido a su efecto sobre la velocidad de las reacciones químicas y a su influencia sobre el crecimiento microbiano (Cross y col., 1986). Cuando la carne o la grasa empiezan a decolorarse, es un indicativo de que se está llegando al final de la vida útil del producto y, por tanto, que la calidad de la carne se está deteriorando (Miller, 1994).

Contenido de grasa del músculo

El contenido en grasa de la carne ha sido altamente relacionado con la calidad, porque afecta tanto al flavor como a la jugosidad y a la dureza de la carne. Goutenfogea y Valin (1976) encontraron una clara relación entre la cantidad de lípidos de la carne y la intensidad de su flavor. Valores crecientes de veteado han sido asociados con un descenso en la palatabilidad del vacuno. Sin embargo, dependiendo de la especie de origen, los factores que afectan a la calidad varían. Por ejemplo, la jugosidad es un factor muy importante en porcino, porque la falta de jugosidad es generalmente debida a un sobrecocinado. Por tanto, el músculo de cerdo que carece de veteado es considerado de baja calidad, porque el veteado protege frente a un sobrecocinado. De todas formas, una cantidad importante de veteado es considerada de baja calidad en cerdo, debido al efecto negativo que causa en el consumidor, que la asocia a un alto contenido en grasa

(Miller, 1994).

En este mismo sentido, Savell y Cross (1988) desarrollaron el concepto asociado con la "ventana de aceptabilidad" para el vacuno. Este concepto ilustra la relación entre la grasa intramuscular en la carne magra y la palatabilidad global del músculo cocinado. Cuando el contenido en grasa es menor del 3%, la palatabilidad disminuye por debajo de un nivel aceptable. Si la grasa excede del 7,3%, el consumidor asocia este hecho a un consumo importante de grasa, relacionando este hecho con las enfermedades coronarias, o con algunas formas de cáncer, y esto afecta a la aceptabilidad del producto.

El contenido en grasa influye en la jugosidad a través de efectos directos e indirectos. La sensación de jugo liberado en la boca durante la masticación, o durante el primer mordisco, y la subsecuente estimulación de las glándulas salivares por la grasa, influye en la percepción de la jugosidad del producto (Cross, 1994). El contenido en grasa también tiene un efecto indirecto sobre la jugosidad, provocando un efecto aislante de la carne durante el cocinado. Las elevadas temperaturas utilizadas en el cocinado degradan proteínas, resultando una liberación de agua por parte de la carne. La grasa conduce el calor a una menor velocidad que el tejido magro, por tanto, disminuirá el efecto de las elevadas temperaturas sobre la degradación de proteínas y la liberación de agua. El resultado es que la carne con un mayor contenido de grasa no se cocina tan rápidamente y pierde menos cantidad de agua y de grasa durante el cocinado (Miller, 1994).

La dureza de la carne también se ve influida por el contenido de grasa. A medida que la grasa aumenta en porcentaje, la densidad global de un mordisco de carne disminuye, y por lo tanto, la carne con más grasa es más blanda. También se considera que, a medida que el contenido de grasa del músculo aumenta, la grasa intramuscular se deposita entre las fibras musculares, y aumentan los depósitos de grasa dentro de la fibra muscular. De esta forma, las fibras se encuentran rodeadas o bañadas en grasa, que se liberará durante el cocinado y la masticación, estimulando la salivación y la percepción de jugosidad y terneza, también debida al efecto de lubricación de la grasa (Kauffman y Marsh, 1994).

También se piensa que a medida que la grasa del músculo aumenta, los lípidos se depositan en el espacio entre las células perivasculares dentro del perimisio. Según se incrementa el depósito de grasa, la fuerza del tejido conectivo decrece, y por tanto la carne es más tierna (Miller, 1994).

Lección 10 Alteraciones del músculo post-mortem

La calidad de la carne está determinada, básicamente, por la fisiología del músculo y de la grasa (Figura 6). Numerosos estudios han demostrado que los cambios bioquímicos del músculo post-mortem son responsables, en primera instancia, de la calidad tecnológica de la carne. Al extinguirse el oxígeno del músculo post-mortem, el metabolismo se transforma rápidamente en anaerobio y el glucógeno acumulado se metaboliza a ácido láctico. El incremento de la concentración de ácido láctico provoca una disminución del pH muscular desde 7,1-7,3 hasta valores próximos a 5,5 en un tiempo que está situado entre las cuatro y ocho horas post-mortem, estableciéndose el estado de rigor mortis (Bendall, 1973).

No obstante, las canales que presentan un metabolismo glucolítico acelerado alcanzan valores bajos de pH a los 15 minutos post-mortem, cuando la temperatura es aún elevada. La combinación de pH bajos y temperaturas elevadas genera un descenso de la capacidad deretención de agua del músculo, debido a la desnaturalización de las proteínas solubles y miofibrilares, un aumento del exudado muscular, de las pérdidas por goteo y un incremento de la evaporación de las canales y piezas (Greaser, 1986; Bendall y Swatland, 1988; Mikami y col., 1991).

El resultado final de este proceso son carnes pálidas, blandas y exudativas que denominamos carnes PSE. El desarrollo de la condición PSE está relacionado con factores genéticos y ambientales.

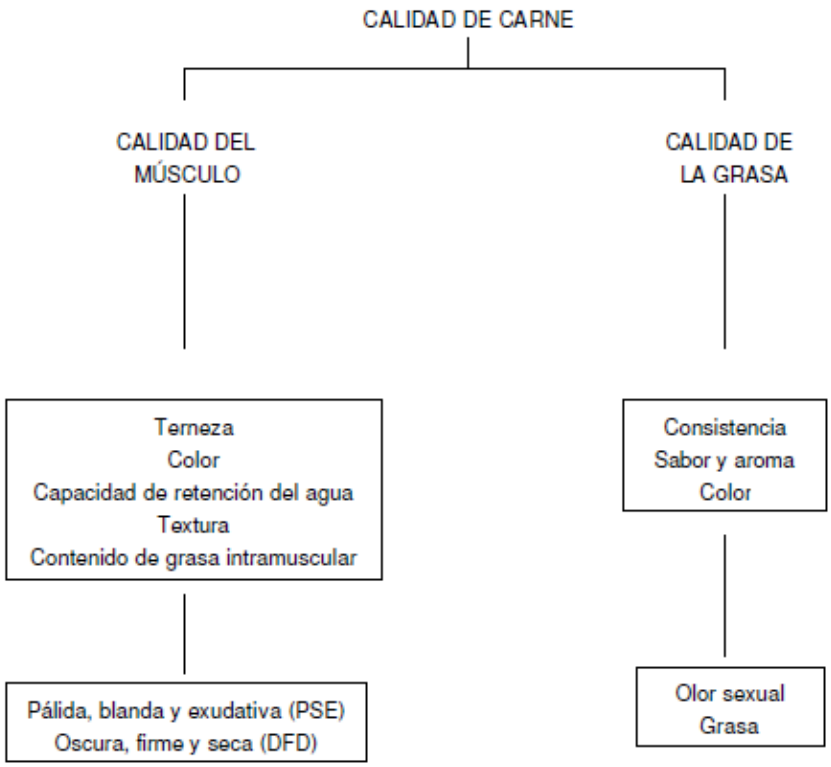


Figura 6. Aspectos que definen la calidad de la carne.

La calidad de la carne se ve fuertemente afectada por factores ante-mortem y post-mortem. Aunque, la importancia de los diferentes aspectos cualitativos de la calidad de la carne difiere en función del segmento de la cadena cárnica en que se analice (producción, industrialización o comercialización).Los atributos organolépticos son de gran importancia para el consumidor cuando se habla de carne fresca. El consumidor asocia como atributos de calidad de la carne el color (intensidad y coloración), la terneza, la jugosidad, la apariencia (grasa intramuscular, marmorización, exudación), el sabor y el aroma. Mientras que la industria centra más la atención en factores como pH, la capacidad de retención de agua (CRA), textura, estabilidad oxidativa y ausencia de sabores anómalos.

Estos atributos están influenciadas por factores como la raza, la edad, la dieta, el manejo ante-mortem, los procesos de matanza y las practicas de manejo post-mortem,

las características intrínsecas del musculo y tejido conectivo, intensidad de proteólisis post-mortem en las células musculares y temperatura de cocción de la carne. En general, para definir la calidad de la carne y sus productos cárnicos se deben considerar las cualidades que constituyen el valor sensorial (calidad organoléptica) y nutritivo (calidad nutritiva) que junto con una serie de propiedades funcionales necesarias en el procesado y la fabricación de los productos cárnicos se incluye la calidad tecnológica y la calidad higiénico-sanitaria. (Hernández Cazares, 2010).

Desde el punto de vista bioquímico, la carne es el resultado de una serie de transformaciones y reacciones bioquímicas que tienen lugar en el músculo tras la muerte del animal, que definirá en gran parte la calidad de la carne. El proceso de conversión de músculo a carne se lleva a cabo en tres fases. La fase de demora del rigor o pre-rigor, comprende el tiempo, tras el sacrificio del animal en que las proteínas del músculo todavía no han sufrido cambios y el músculo aun es estirable y elástico; en cerdo varia de 15 minutos a 3 horas. La fase de rigor mortis que consta a su vez de dos etapas, el acortamiento de los sarcomeros (formación de enlaces entrecruzados entre filamentos finos y gruesos) y la rigidez (tensión continua de las fibras musculares).

Así en esta fase se forma el complejo proteico actina/miosina por agotamiento del ATP (adenosin trifosfato), se produce acido láctico y el músculo se vuelve duro (Andujar et al., 2003). Finalmente en la fase de resolución o maduración, la extensibilidad de los músculos se recupera y la carne sufre un proceso de ablandamiento paulatino (Ouali y Sentandreu, 2002). Durante esta ultima etapa, la textura y el sabor mejoran sustancialmente despuues de un periodo de almacenamiento en temperatura de refrigeracion (Vaquez y Vanaclocha, 2004).

Aunque, dependiendo de la velocidad con que se lleve a cabo el metabolismo postmortem, la carne de cerdo puede experimentar una gran variedad de cambios que definirán su calidad y esto tiene un gran impacto económico durante su venta como carne fresca o procesada. La temperatura a la cual se almacenan las canales de los animales recién sacrificados influye de manera definitiva en la velocidad con que ocurren dichas reacciones químicas. Sin embargo, el cambio de pH durante la transformación post-mortem del músculo a carne es posiblemente la causa mas importante de la variación

existente en la calidad, afectando sustancialmente al color y a la capacidad de retención de agua (CRA), atributos importantes desde el punto de vista tecnológico. Por lo tanto en función de como sucede el proceso de maduración post-mortem, la carne se ha clasificado en cuatro grandes categorías de calidad (PSE, RSE, DFD, RFN) (Kauffman et al., 1992), como se describen en la tabla 1.

En este contexto, la detección rápida de la calidad de la carne es de suma importancia para la industria ya que esto permite optimizar las condiciones de procesamiento y distribución. Los musculos Longissimus dorsi y Semimembranosus son los mas susceptibles a sufrir problemas de PSE y hace que estos tengan una menor aceptación por su apariencia (Bravo-Sierra et al., 2005). Además, la carne PSE no resulta apropiada, por su escasa capacidad de retención de agua, para la elaboración de jamón cocido extra (separación de gran cantidad de gelatina) ni para elaborar jamón curado (elevadas perdidas por secado, mayor absorción de sal, color pálido y escaso aroma) (Arnau et al., 1995). En cambio, la carne DFD es apropiada para productos del tipo emulsión cárnicas (mortadelas y Embutidos) y jamones cocidos, pero tampoco es aconsejable para fabricar jamón curado (especialmente peligroso en el caso de jamones con hueso) debido a su poca difusión de sal (Flores y Bernell, 1984),

su fácil alteración microbiana ya que presentan texturas anómalas y precipitados de fosfato (Arnau et al., 1998). Actualmente, los métodos mas usados para clasificar y predecir las diferentes calidades de la carne de cerdo en las plantas de sacrificio son la medición de pH, el color y las perdidas por goteo (drip loss) (Kauffmann et al., 1993; Warner et al., 1997; Flores et al., 1999). Aunque todos estos métodos poseen una justificación bioquímica ninguno de ellos por si solo es suficiente para asegurar la correcta clasificación de las distintas calidades de la carne, por lo que se propone la combinación de varios de ellos como se muestran en la tabla 2.

Alteraciones de la calidad de la grasa

El creciente rechazo que ha experimentado el consumo de productos excesivamente grasos, por su estrecha relación con las enfermedades cardiovasculares, ha originado un gran interés en la selección de canales con un elevado contenido magro, en especial en

el sector porcino. No obstante, el espesor del tejido adiposo incide sobre el grado de instauración y en la consistencia de la grasa. Cuanto menor es el espesor del tejido adiposo subcutáneo mayor es la relación ácidos grasos insaturados/ácidos grasos saturados, que influye de forma negativa en la consistencia de la grasa. Además, en la especie porcina el grado de instauración disminuye con la edad y la proporción de ácidos grasos insaturados es menor en los machos castrados en comparación a los machos enteros.

Tabla 6. Clasificación de la calidad de la carne de cerdo

Categoría de calidad/Características
PSE del inglés: *Pale, soft and Exudative* = Pálida, blanda y exudativa Este tipo de carne se caracteriza porque sufre una caída rápida de pH después del sacrificio que combinada con una elevada temperatura provoca la desnaturalización de aproximadamente el 20 % de las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares, por consiguiente la disminución de la CRA. Esta condición hace a la carne altamente exudativa, le da una apariencia pálida al desnaturalizarse la mioglobina y una textura blanda, poco apetecible para los consumidores. La causa principal de la aparición de este tipo de carne se asocia con la susceptibilidad hereditaria del estrés porcino (PSS, por sus siglas en inglés *Porcine Stress Syndrome*), relacionado con la presencia del gen recesivo Halotano (asociado a hipertrofia muscular) y del gen *Rendement Napo*le (RN), presentándose con mayor frecuencia en canales de animales mejorados genéticamente, para obtener un mayor rendimiento o desarrollo muscular. Aunque otros factores de manejo tanto del animal vivo (transporte, manejo violento, sacrificio con aturdimiento defectuoso) como de la canal inmediatamente después del sacrificio (enfriamiento deficiente) pueden influir en la incidencia y magnitud de esta condición.
DFD del inglés: *Dark, firm and dry* = Oscura, firme y seca Carne típica de animales sometidos a situaciones de estrés moderado pero prolongado en el tiempo (transportes inadecuados en grandes distancias o ayunos largos), lo que hace que las reservas de glucógeno antes del sacrificio sean mínimas. El valor de pH se mantiene alto (> 6.0) debido a que el músculo no tiene suficiente sustrato (glucógeno) para utilizar en la glucólisis anaerobia y no se produce ácido láctico o se produce en muy poca cantidad. Presenta una alta retención de agua al estar el pH alejado del punto isoeléctrico de las proteínas musculares, la mioglobina se desnaturaliza en menor medida provocando una carne oscura y son muy sensibles a contaminación microbiana lo que hace difícil su conservación bajo refrigeración.
RFN del inglés: *Red, firm and non-exudative* = Roja, firme y no exudativa Calidad de carne que se considera como la ideal, se trata de una carne roja, firme y normal. Esta característica la hacen adecuada tanto para el consumo en fresco como para la fabricación de productos cárnicos.
RSE del inglés: *Reddish-pink, soft and exudative* = Rojiza-rosácea, blanda y exudativa Esta carne se caracteriza por tener niveles de desnaturalización de proteína y pérdidas por goteo similares a las carnes PSE pero esta mantiene una coloración característica, debido posiblemente a un enfriamiento rápido de la canal después del sacrificio o por disposición genética.

Tabla 7. Categorías de calidad de carne en función del pH, color y pérdidas por goteo

Categoría	pH	Color (Brillo-L)	Pérdidas por goteo (%)
PSE	$pH_{2h} < 5.8$	$L > 50$	> 6 %
RSE	$pH_{2h} < 5.8$	$44 \leq L \geq 50$	> 6 %
RFN	$pH_{2h} > 5.8$ $pH_{24h} < 6.0$	$44 \leq L \leq 50$	< 6 %
DFD	$pH_{24h} > 6.0$	$44 < L$	< 3 %

(Modificado de Flores *et al.*, 1999).

La grasa destaca también por sus implicaciones nutricionales y dietéticas. El tejido adiposo y los lípidos neutros del tejido muscular constan mayoritariamente de triglicéridos y, en menor grado, de colesterol, ésteres de colesterol, monoglicéridos y diglicéridos. Todos estos compuestos, a excepción del colesterol, contienen ácidos grasos en su estructura molecular, que son de importancia capital en el metabolismo humano por su influencia en la salud (Hernández Cazares, 2010).

Los ácidos grasos más abundantes del tejido adiposo porcino son: oleico (40-50%), palmítico (20-25%), linoleico (10-20%), esteárico (10-15%) y en menor cantidad: palmitoleico (2-4%), linolénico (0,5-1%) y mirístico (0,2-0,3%) (Díaz, 1993). No obstante, diversos factores como la raza, la nutrición, el sexo y la localización anatómica modifican la composición en ácidos grasos.

La grasa influye sobre las características sensoriales de la carne. La oxidación de los lípidos incide negativamente sobre las propiedades sensoriales de los productos cárnicos. Los ácidos grasos que poseen insaturaciones en su estructura química (por ejemplo el linoleico y linolénico) son susceptibles a procesos oxidativos que conducen a la formación de peróxidos e hidroperóxidos, compuestos que desaparecen de forma gradual mientras se generan distintos productos volátiles y no volátiles: hidrocarburos, aldehidos, alcoholes, cetonas, ésteres y otros compuestos minoritarios (Kochhar, 1993).

La respuesta olfativa al aroma de un producto depende de la concentración e interacción de varias sustancias entre si y, por tanto, la obtención de cantidades pequeñas de productos de degradación pueden tener un efecto muy significativo sobre el olor de la grasa o de la matriz que la contenga, ya que la concentración necesaria para generar una respuesta olfativa se mide en mg/quilo e, incluso, en ng/quilo. La presencia de determinadas familias de compuestos se ha relacionado con el desarrollo de

características sensoriales específicas como la rancidez (pentano, aldehidos) y los olores frutales (aldehidos, cetonas), entre otros. Estudios desarrollados en jamón curado (Berdagué y García, 1990; Berdagué y col., 1991a, b, 1993) han relacionado la presencia de determinados compuestos volátiles con el desarrollo de atributos sensoriales específicos, como por ejemplo: 2,3-butanodiona (mantequilla), 2-pentanona (rancio, plástico), 2- heptanona (rancio), nonanal (muy rancio) y 1-pentanol (frutal). En otras ocasiones, la calidad de carne está afectada por el desarrollo de olores y sabores desagradables ocasionados por la acumulación de determinados compuestos en el tejido adiposo.

CAPITULO 3. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FORMULACIÓN DE PRODUCTOS CARNICOS

Introducción

En la industria cárnica es de importancia preponderante lo referente a las materias primas utilizadas en la fabricación de cada uno de los productos terminados, es por eso que el egresado en la ingeniería de alimentos debe conocer el porqué de la utilización de la grasa y el agua, la necesidad de utilizar la sal, polifosfatos e hidrocoloides al igual que proteínas, Hidratos de carbono y otros componentes.

Lección 11: Importancia de la grasa y el agua

La grasa es uno de los ingredientes más importantes en la fabricación de embutidos, ya que imparte características sensoriales deseables como apariencia, sensación al paladar y sabor. Al reducir la concentración de la grasa en los productos transformados da como resultado alimentos más firmes, elásticos y menos jugosos; de igual forma, el exceso de ésta puede producir efectos como: manchas o listas, separación de partículas, liberación de gelatina interna o superficie granulosa. Los productos cárnicos que tienen en su constitución valores normales de grasa le ofrecen al consumidor la sensación al paladar que desea. El contenido normal de grasa en un producto cárnico embutido emulsificado va de un 15 % a un 30 % del peso final.

La materia Grasa a utilizar debe ser dura, con alto punto de fusión y blanca. La grasa porcina es la más utilizada por las características que le confieren a los productos cárnicos fabricados con ésta; los tejidos más adecuados son el dorsal y el tocino descortezado. La grasa se debe mantener refrigerada higiénicamente en cuartos fríos a una temperatura de 0 - 2 °C, por un tiempo mínimo, no mayor de 2-3 días, para evitar la acidez, el enranciamiento y el sabor a pescado, ó de lo contrario se debe congelar a -18°C.

Los lípidos influencian el flavor de los productos carnicos porque tienen efecto en la percepción, estabilidad y generación de éste. Un mismo sabor genera diferentes sensaciones de gusto y olor, dependiendo del contenido de grasa y los demas componentes, cada constituyente del sabor interactúa de manera específica con éstos, distribuyéndose en diferentes proporciones en la fase de vapor (aire presente en la cavidad bucal), y las fases acuosas y lipídicas, dependiendo si es lipofílico, hidrofílico y de su volatilidad.

Según Gaonkar (1995), los enlaces o interacciones entre la grasa y las sustancias componentes del sabor son de naturaleza débil; es el efecto solvente de éstos en la grasa, lo que determina la percepción sensorial del flavor. La mayoría de los componentes del flavor son de naturaleza hidrofóbica, tienden a distribuirse en mayor proporción dentro de la grasa del alimento, reducen la concentración de éstos en la fase líquida y de vapor y logran retener el sabor del alimento.

La grasa atrapa los componentes básicos del sabor en los alimentos y los libera mediante mecanismos de transferencia de masa, que presentan alta resistencia en la fase lipídica, en comparación con la fase acuosa de donde se desprenden fácilmente. El retraso en la liberación del sabor en la boca da suculencia al alimento. Los lípidos influyen sobre la estabilidad química y física de los sabores pues al retenerlos, disminuye la volatilidad de éstos y además los protege contra reacciones químicas que pueden deteriorarlos (De Ross, 1997).

El agua es el componente principal de la carne (de hasta un 80% en la carne magra). Por lo tanto normalmente todos los productos cárnicos contienen cantidades menores o mayores de agua natural. Además de su presencia como componente de la

carne y demás ingredientes, el agua se utiliza en muchos productos de carnes procesadas también como ingrediente. Sin embargo, la creencia por parte de algunos consumidores de que el agua se añade a los productos cárnicos sólo para aumentar el peso del producto y los beneficios de los fabricantes es incorrecta. De hecho, hay muchos tipos de productos cárnicos que se requiere la adición de agua, por razones técnicas o para compensar las pérdidas de cocción.

Se añade agua en cantidades de aproximadamente 15-35%. Su adición permite la obtención de productos con gran jugosidad y masticable fácilmente. El agua Es absolutamente necesario como medio de transporte y disolvente para las proteínas del músculo. El Agua junto con la sal y los fosfatos son indispensables para la correcta extracción y retención de agua de las proteínas musculares.

La extracción de las proteínas musculares es mejor a bajas temperaturas, el agua es a menudo agregada congelada como hielo para mantener la temperatura de la masa de carne baja. Las temperaturas bajas son necesarias para evitar aumento excesivo de la temperatura en el área cercana a las rápidas cuchillas rotativas del recipiente de la picadora o cutter. las altas temperaturas echarían a perder la capacidad de la formación de la emulsión; se utiliza Hielo por ser rápido y de distribución uniforme. Para lograr en un instante el efecto de enfriamiento en todas las partes del recipiente de la picadora, es necesario su adición en tamaños pequeños o en forma de escamas.

Lección 12: Utilización de la sal

El salado consiste en la adición de cloruro sódico a la carne, siendo uno de los objetivos el incrementar el poder de retención de agua. Al elevar la fuerza iónica del medio, y aumentar la solubilización de las proteínas musculares, se favorece la manifestación de sus propiedades tecnológicas. La sal común es el principal aditivo que aumenta la presión osmótica e inhibe el desarrollo de microorganismos. La sal arrastra, inicialmente, agua y proteínas solubles hacia el exterior de la carne, más tarde se difunde hacia el interior, en un proceso de homogenización de la concentración.

Debido a sus propiedades como potenciador del sabor y como conservante, la sal ha sido ampliamente usada en la industria carnicas. Este aditivo se encuentra envuelto en procesos de aumento de la capacidad de retención de agua, desarrollo de la textura, desarrollo del sabor y el flavour, adicionalmente en la seguridad microbiológica de embutidos cocidos (Poulanne, 2001), generacion del pigmento durante el madurado y su influencia en el crecimiento microbiano. La sal tambien es esencial en la formación del compuesto formado por la interaccion entre la grasa y el musculo, el cual es responsable de las propiedades de textura y consistencia en algunos embutidos (Prandal, 1994). Ademas se ha observado que las sales de calcio inyectadas en el musculo, pasadas 72 horas del sacrificio, afectan la actividad de las enzimas activadas por calcio y el mecanismo no enzimatico denominado “salting-in”. (Lawrence, 2003)

Los términos “salazón” y “curado” se suelen utilizar como sinónimos; pero bajo salado ó salazón se puede entender simplemente la adición de sal común al producto, mientras que el curado incluye también la adición de los llamados agentes curantes. La diferenciación entre los términos salado y curado tiene sentido, por tanto no sólo desde el punto de vista práctico sino también por los distintos efectos que se provocan en los productos. La salazón ó salado consiste en la adición, con fines conservantes, de sal común a la carne o a otros productos de origen animal. En la actualidad, dado que el aprovisionamiento de carne está asegurado por otros métodos de conservación (bajas temperaturas, tratamientos térmicos,...), la finalidad conservadora, si bien de una gran importancia, ha pasado a un segundo plano, siendo el desarrollo de los peculiares atributos sensoriales el principal objetivo de los procesos de salado; la concentración de sal adicionada a los productos carnicos normalmente es entre 1,5-3%.

La cantidad máxima de cloruro de sodio que puede disolverse en 100 g, de 20 ∞ C el agua fría es de 35,8 g (una sal de un 26,4% solución). En este nivel, la solución se satura de agua libre disponible es insuficiente para disolver la sal más. Un 26,4% se reduce solución salina a 109 ∞ C. En los alimentos congelados, los actos de sal como un pro-oxidante y se aplica comúnmente en las comidas congeladas listas para comer en una forma encapsulada.

La Sal cumple varias funciones en carne y productos cárnicos como son:

1. La sal es un potenciador del sabor y sin plato de carne o productos cárnicos buen gusto con sal suficiente, incluso si se utilizan las especias en la preparación de la carne.

2. Sal, junto con los fosfatos, solubiliza proteínas, que a su vez puede inmovilizar grandes cantidades de agua añadida y también es capaz de emulsionar la grasa en los productos cárnicos. La adición de sal influye en la interacción entre la actina y la miosina. Estas interacciones electrostáticas se basan en cargas negativas y positivas, que atraen o repelen entre sí y la adición de sal produce un efecto de rechazo, la obtención de grandes diferencias entre la actina y la miosina. Alrededor de 12 g de sal por kilogramo de carne producto es el límite inferior para activar la proteína con eficacia.

3 La textura de los productos cárnicos también se mejora por la activación de la proteína.

4 La sal disminuye el valor Aw (disminuye la cantidad de agua libre dentro de un producto). Por lo tanto en los productos cárnicos, como embutidos crudos fermentados o en bruto, productos de aire seco, es un obstáculo importante contra el deterioro microbiológico durante las etapas iniciales de la producción.

5 La adición de sal favorece las condiciones de crecimiento para las bacterias Gram-positivas en lugar de las bacterias Gram-negativas. Bastantes pocos patógenos, como Salmonella spp. y Escherichia coli es una bacteria Gram-negativa.

6 La Sal eventualmente se convierte en venenosa para las bacterias, creando un desequilibrio de electrolitos en la célula.

7 La adición de sal a la carne provoca un ligero movimiento de la IEP de tejido muscular a un valor de pH más ácido.

Dependiendo de la cantidad de sal agregada, el IEP puede pasar de 5.2 a alrededor de 5,0. Como resultado, el aumento de los niveles de agua se puede enlazar sin cambiar el valor del pH de la propia carne, como el cambio del IEP 5,2 a 5,0 se ensancha la brecha entre el valor de pH en la carne y el IEP.

Por ejemplo, antes de la adición de sal, la diferencia de pH en la carne fue de 0,5 unidades de pH (5,7 a 5,2) y después de la adición de sal, la diferencia es de 0,7 unidades de pH (5,7 a 5,0). Una brecha más grande entre los dos valores de pH aumenta

el efecto capilar de las fibras musculares y un mayor efecto capilar produce un aumento de glóbulos blancos, una vez más.

Al utilizar concentraciones menores del 1 % de sal (NaCl) en productos cárnicos se disminuye la capacidad de retención de agua, así mismo el aumento de la concentración de sal incrementará la cohesividad en la mezcla de los ingredientes utilizados. La disponibilidad de proteína soluble dependerá de los niveles de sal que sean agregados, de igual manera afecta la unión de agua, intensidad de sabor y jugosidad. La adición de sal realiza un efecto en la fuerza iónica, lo que significa que el ión cloruro causa una repulsión electroestática en las proteínas del músculo lo que hace que se ligue más agua o esta quede atrapada dentro de las fibras o células del músculo por lo que a menor cantidad de sal adicionada existirá más purga o liberación de agua.

Lección 13: Polifosfatos.

Las propiedades de los fosfatos han permitido su utilización en casi todos los alimentos. Dentro de estas propiedades están el aumento en retención de agua ya que incrementa el pH del músculo post-rigor. La mayoría de los fosfatos aumentan el pH de la carne, sin embargo la relación entre la presencia de fosfatos y la capacidad de retención de agua varía con los diferentes fosfatos. Entre los fosfatos inorgánicos aprobados por el USDA/FSIS para el uso en productos cárnicos encontramos el tripolifosfato mono, di y tri sódico, el hexametafosfato de sodio, el tripolifosfato mono, di y tri potasio; el tripolifosfato de sodio que es muy utilizado en productos cárnicos por su alta capacidad de retención de agua y aumento de pH (Knipe 2004). Una acción que realizan los fosfatos es la elevación del pH y la fuerza iónica, así como un intercambio específico con la proteína muscular fibrilar. Estos favorecen el proceso de emulsión, ya que estimulan la dispersión molecular (Fisher et al. 1994).

El uso de fosfatos protegen la emulsión de los productos de los efectos en variaciones en temperatura, cocción y así mismo se vuelven muy valiosos en la producción de productos cárnicos bajos en sodio (Knipe 2004). Los fosfatos por su naturaleza tienen una acción conservadora, especialmente los polifosfatos impiden o

retrasan el proceso de oxidación de las grasas insaturadas de los sistemas alimentarios y atacan contra el crecimiento de muchos microorganismos presentes. Esta propiedad se debe a la fijación de iones metálicos o polielectrolitos necesarios para la oxidación de las grasas o para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos (Fisher et al. 1994).

El uso de tripolifosfato de sodio en productos bajos en sodio se encuentra en concentraciones que van desde 0.15 a 0.5 %. Entre los productos a los cuales se les puede aplicar concentraciones más bajas de tripolifosfato de sodio se encuentran las hamburguesas, nuggets, croquetas, embutidos, salami cocido y embutidos similares, Embutidos y carnes frías (Miranda 2007). Según Knipe (2004), el uso de fosfatos en niveles más bajos de los recomendados (ej., 0.3 %), sólo en el caso de la adición de el pirotripolifosfato tetrapotásico se ha notado un gusto no deseado por parte del consumidor en productos emulsionados.

Existen diversos tipos clasificados en alcalinos y ácidos. Los fosfatos alcalinos se añaden para aumentar la fuerza del ligado y retención de agua, mediante diversos mecanismos. Estos ayudan conjuntamente con la sal a la liberación de las proteínas solubles de la carne (actina y miosina). La adición de sal afecta la fuerza iónica del sistema. Específicamente, el ion cloruro (Cl-) es ligado fuertemente por los grupos cargados positivamente y como consecuencia, estos últimos son prácticamente eliminados, mientras que el ion sodio se liga sólo débilmente por las cargas negativas. El efecto neto de este fenómeno es un desplazamiento del punto isoeléctrico hacia un pH más bajo, lo que provoca una mayor repulsión electrostática de las proteínas musculares, y lo cual finalmente permite que existan más sitios cargados para ligar agua.

El incremento de la capacidad de retención de agua (CRA) por parte de los fosfatos tiene como resultados: a) reducción de la pérdida de agua durante el cocimiento; b) incremento del rendimiento después del cocimiento; c) reducción de la pérdida de agua durante la descongelación; d) incremento de la suavidad; e) retención de sabor por menor pérdida de los jugos propios de la carne durante el cocimiento; f) reducción del quemado por frío; g) incremento de la capacidad de ligado entre piezas musculares; y h) prolongación de vida en anaquel por la habilidad de secuestrar el hierro que cataliza las reacciones de oxidación de las grasas.

Desde que el USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos) autorizó en 1982 la incorporación directa de ciertos fosfatos a productos embutidos, su uso se ha expandido a una amplia gama de productos de ave y de carne de bovino y porcino.

Tabla 8. Fosfatos de uso permitido en la industria cárnica

Fosfato disódico	DSP
Fosfato Monosódico	MSP
Metafosfato de sodio, insoluble	SMPI
Polifosfato de sodio, cristalino	SPGG*
Tripolifosfato de sodio	STP**
Pirofosfato de sodio	SPP**
Pirofosfato ácido de sodio	SAP*
Fosfato dipotásico	DPP
Fosfato monopotásico	MPP
Tripolifosfato de potasio	PTP
Pirofosfato de potasio	PPP

* Por sus siglas en Inglés

**Comúnmente utilizados en las mezclas para productos cárnicos y de ave

Fuente: Revista Carnetec Julio/Agosto 1999. Ingredientes para aumentar la retención del agua.

Los Fosfatos cumplen varias funciones en los productos cárnicos:

1. Neutralizar la cruz de enlace entre la actina y la miosina, formada durante el rigor mortis, y el apoyo de la disociación del complejo actomiosina en fibras se vuelven a separar. Fosfatos aflojar las fuerzas electrostáticas en el complejo actomiosina, esta función de fosfatos que se conoce como el "efecto específico sobre la proteína muscular, ya que contribuye en gran medida a la solubilidad de la proteína muscular.

Los fosfatos solo son capaces de actuar por separado en la actina y miosina después del rigor mortis y esa es la razón principal del uso mundial de fosfatos. La separación de la actina y la miosina se lleva a cabo como resultado de la unión de los iones fosfato con carga negativa con la carga positiva Mg2 + o Ca2 +. El Mg2 + con carga positiva y los iones Ca2 + juega un papel vital en la contracción muscular, así como la relajación y están presentes en el punto donde la unión entre la actina y la

miosina se produce mediante el bloqueo de la miosina en la actina.

2. A través de la adición de sal, así como los fosfatos, al mismo tiempo a un producto cárnico, la proteína muscular se convierte en solubles y solubilizados, o activado. La proteína puede inmovilizar a los altos niveles de agua añadida como así como emulsionar una gran cantidad de grasa, dado que la proteína de la carne activado es un excelente emulsionante de grasas.

3. Casi todos los fosfatos, así como mezclas de fosfatos, utilizados en la industria de procesamiento de carne, son los fosfatos alcalinos y la adición de fosfatos alcalinos a la carne ligeramente ácido conduce a un aumento en el pH en el interior del producto cárnico. Un movimiento más lejos de la IEP se desarrolla y mejora del CMB de la proteína es el resultado porque las fuerzas de repulsión electrostática una mayor creación de grandes brechas entre la actina y la miosina y la mayor cantidad de agua añadida se puede enlazar.

4 La adición de fosfato, que es una sal del mismo, aumenta la fuerza iónica de la carne y un aumento de la fuerza iónica conduce a un grado más grave de inflamación de las fibras musculares y la activación de la proteína. Mejora los niveles de la proteína activa y el apoyo de la hinchada inmovilización de agua añadida a los productos cárnicos y la emulsión de la grasa.

5. Los fosfatos son ligeramente bacteriostáticas y el crecimiento de las bacterias es ligeramente más lento. Esta desaceleración del crecimiento, sin embargo, es casi insignificante en los productos cárnicos como la concentración de fosfatos necesarios para mostrar el resultado de un impacto significativo sobre el crecimiento de bacterias sería muy superior a la permitida.

6 Los fosfatos pueden quelar (enlazar) iones de metales pesados y por lo tanto retrasar el proceso de la rancidez en forma de iones de metales pesados son los materiales pro-oxidante.

7 Los fosfatos se aplica en ocasiones en salame porque hacen que la masa "llenar mejor". La masa de embutido que sale de la tubería de llenado con menos manchas, que posteriormente positivos sobre el secado del producto.

En aplicaciones relacionadas con la carne, mezcla de diferentes fosfatos son comúnmente presentado como tales mezclas son por lo general a medida para una aplicación específica y realizar mucho mejor que un solo tipo de fosfato. Algunos temas importantes en la elección de la correcta mezcla de fosfato son los siguientes.

1. Solubilidad deben ser considerados. Cuando se prepara una salmuera con agua Icecold jamón, los fosfatos todavía debe disolver rápidamente y por completo. polifosfatos de cadena más larga demostrar significativamente mejor solubilidad en agua fría que los fosfatos de cadena corta (pirofosfatos) hacer.

2. Una mezcla de fosfato utilizado para embutidos emulsionados (hot dog), contiene fosfatos predominantemente de cadena corta, porque los fosfatos actúan sobre la proteína de inmediato, como se requiere en dicha solicitud. El componente más activo de la proteína muscular es el pirofosfato de cadena corta (difosfato).

3. Monofosfatos capacidad tampón buena exposición, lo que ayuda a estabilizar el valor de pH en un producto terminado durante un período prolongado, pero no tienen efecto sobre la proteína muscular en sí.

4.Pirofosfatos y tripolifosfatos son los fosfatos preferida sobre la emulsión de la grasa, ya que grandes cantidades de proteínas se activan por el impacto de estos fosfatos y proteínas activado es un excelente emulsionante de grasa.

5. La mayoría de los fosfatos están disponibles como una versión de sodio o de potasio y, en general, los fosfatos de potasio presentan una mejor solubilidad de los fosfatos de sodio.

6. Por lo tanto, los fosfatos granulada demostrar una mejor solubilidad en agua fría de fosfatos en polvo para hacer.

7. fosfatos individuales diferentes muestran los valores de pH significativamente diferentes, y el valor de pH de una mezcla de fosfato tiene que adaptarse al uso. En general, las mezclas de fosfato de embutidos emulsionados presentan un valor de pH

entre 7.0 y 8.3, mientras que los fosfatos de las salmueras de jamón presentan un valor de pH alrededor de 9,0-9,3. Todos los productores de fosfato de grandes ofrecen una amplia gama de mezclas de fosfato para todas las aplicaciones posibles. Hay un fuerte efecto sinérgico entre la sal y fosfatos en lo que respecta a la activación de la proteína de la carne post-rigor. Los fosfatos se no activa la proteína mucho a todos, pero su función es eliminar los enlaces del complejo actomiosina

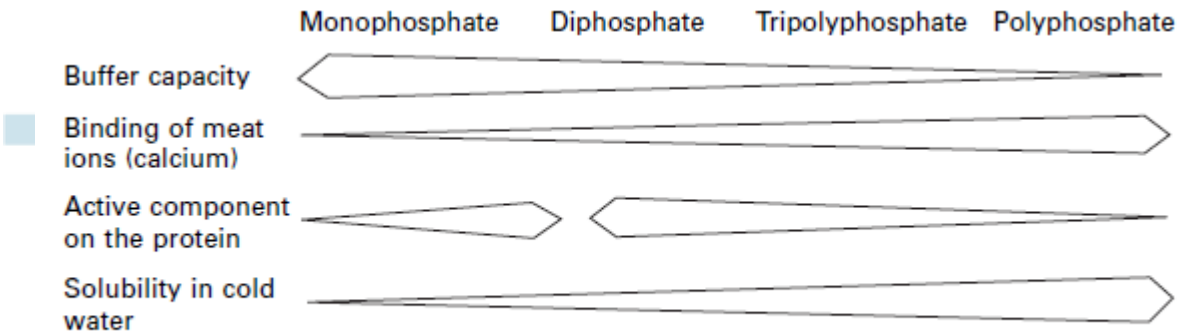


Figura 7. Propiedades de diferentes fosfatos.

Una vez que los enlaces son eliminados, la adición de sal y el agua hace que la proteína de las fibras se hinchen, y se activa, o solubilizado, la proteína es en última instancia obtenidos (Fig. 7). Las mezclas de fosfatos utilizados en los productos emulsionados tales como Embutidos y perros calientes, así como en las hamburguesas, hamburguesas y pepitas contienen fosfatos predominantemente de cadena corta y no, o muy pocos, más largo y los fosfatos de cadena larga aplican.

En estos productos, los fosfatos, junto con la sal tienen que actuar sobre la proteína rápidamente, porque el período de tiempo para activar la proteína y para la proteína activada para "cubrir" la grasa y el agua tienen es muy corto. Fosfatos de cadena corta, como pirofosfatos, tienen una velocidad adecuada acción de alto para estas aplicaciones y su baja solubilidad en el agua puede ser ignorada como una gran cantidad de energía mecánica se introduce en el producto durante la fabricación.

Este nivel CIB de la energía proviene del corte de un cortador de cuenco, las fuerzas de audiencia durante el corte o mezcla y emulsión pasando la masa a través de

un emulsionante. La experiencia demuestra que las mezclas de fosfato, que contienen fosfatos predominantemente de cadena corta y presentan un valor de pH de 7,0 a 7,5, producir una emulsión muy firme en embutidos finamente picados, y tales mezclas se aplica mejor al trabajar con un cortador de tazón.

Los Fosfatos especializados ya en cadena en ocasiones se introducen en las mezclas de fosfatos para los productos de tipo emulsión y la emulsión se vuelve más elástica y suave como un resultado. Tales emulsiones suaves se adaptan bien a los procesos de bombeo con un sistema de mezcla emulsionante-donde se bombea la emulsión terminada a varias estaciones de servicio. Los fosfatos ya en cadena también ayudan a aumentar la emulsión de grasa y están presentes en las mezclas de fosfatos para las recetas que utilizan un contenido de carne baja y al mismo tiempo altos niveles de grasa y el agua. Este tipo de fosfato de mezcla con frecuencia tiene un valor de pH de alrededor de 8.5.

Lección 14: Hidrocoloides

Los Hidrocoloides, también se conoce comúnmente como gomas, vienen de varias fuentes y la mayoría de estos no son digeridos en el sistema digestivo humano, ejemplos: Carragenina, alginato y agar. La goma guar, goma de algarrobo (LBG), celulosa, almidón y la pectina son de origen vegetal. La goma xantana se produce por la fermentación y la gelatina proviene del colágeno animal. Xantana y goma guar, son materiales que en en frío producen hinchazón, la carragenina y LBG son materiales que en calientes-inflamación.

Cumplen varias funciones en los productos cárnicos.

1. durante la formación de un gel, actuan como espesante que ayudan a reducir la pérdida por la cocción y por lo tanto ayudan a aumentar el rendimiento (Tabla 9).

Tabla 9. Propiedades de Hidrocoloides

Hydrocolloid	Thickening properties	Gelling properties
Carrageenan	No	Yes
LBG	Yes	No
Pectin	No	Yes
Alginate	Yes	Yes
Agar agar	No	Yes
Xanthan gum	Yes	No
Guar gum	Yes	No
Gelatin*	No	Yes
Carboxymethylcellulose	Yes	No
Modified starch	Yes	Yes

*Gelatin is not a hydrocolloid but is listed here as it fits the criteria.

2. En La formación del gel, ayuda en la obtención de la textura en un producto cárnico.

3. A los resultados más altos de rendimiento en un producto más suculenta.

4. Las Gomas ayudan a evitar la sinéresis en el producto acabado.

5. Las Gomas no interfieren con la activación de la proteína en los productos cárnicos.

La goma xantana (E 415). Es de alto peso molecular, es un polímero de unidades de D-glucosa con una cadena lateral trisacárido; es totalmente soluble en agua fría y los grupos cargados negativamente carboxilo (COO) de las cadenas laterales de la molécula son responsables de la alta viscosidad del líquido obtenido una vez en contacto con el agua.

La función principal de la goma xantana es para espesar, emulsionar y estabilizar alimentos a base de agua. Se utiliza ampliamente para marinar líquido, para regular la viscosidad de la marinada. El material es muy estable a bajos valores de pH (apósitos) y las altas temperaturas. De hecho, la goma xantana es muy resistente a las variaciones en el valor de pH de 1 a 13. La goma xantana también encuentra una aplicación en las pequeñas cantidades en las salmueras de inyección para jamones con el fin de retrasar o evitar la sedimentación de otros materiales dentro de la salmuera, tales como almidón, manteniendo todos los materiales y dispersa durante un período prolongado de tiempo. La goma xantana se muestra efectos sinérgicos cuando se aplica en combinación con la goma garrofín o goma de guar. La sinergia entre xantana y goma guar está en su mejor

momento en una relación de goma xantana alrededor del 25-30% al 70-75% de goma guar. La viscosidad de la goma xantana disminuye con el aumento de la temperatura y, por encima de 65 ∞ C, la viscosidad, en general se pierde. Al enfriarse, la viscosidad vuelve rápidamente.

Goma de Guar (E 412) La goma guar es una inflamación de las encías-frío y un polisacárido de un blanco o luz color grisáceo. El material se disuelve rápidamente en agua fría y aumenta la viscosidad de las soluciones a bajas concentraciones. La goma guar se origina de la semilla molida de la Cyamopsis tetragonoloba planta y posee propiedades similares a la goma xantana. Es completamente soluble en agua fría y es una agente espesante relativamente barata en comparación con la goma xantana. Goma de guar contiene galactosa y manosa en una proporción de 1:2. La cadena lineal de manosa muestra galactosa unidos a la cadena de manosa después de cada segunda molécula de manosa y la goma guar tiene hasta diez veces el poder espesante de almidón. El peso molecular de la goma guar es de alrededor de 200 000 Da y material es el comúnmente utilizados en la adobos líquidos, así como inyectar los productos cárnicos, tales como asado de cerdo, que se comercializa en fresco (sin cocinar) para el usuario final para tratar térmicamente en el hogar. Dado que la goma de guar es una inflamación de las encías-frío, se debe a la celebración de la salmuera inyectada en el producto cárnico y por lo tanto reduce la purga en crudo los productos cárnicos durante el almacenamiento. Otras aplicaciones son en sopas, salsas y postres.

Carragenanos (E 407 y E 407a) La carragenina es un polisacárido sulfatado lineal a partir de D-Galactosa como así como 3,6-anhidroD -Galactosa unidades y se origina a partir de algas roja pertenecientes a la clase Rhodophyceae. Las unidades de galactosa están unidos entre sí a través de 1-3 y b-1 de 4 enlaces glucosídicos. Los principales productores de carragenina en Filipinas, EE.UU. y República Popular de China. El carragenano se puede unir el agua en una proporción de hasta 1:99 y 1 kg de carragenina mezcla con 99 kg de agua forma un gel una vez que se calienta a unos 70 RC y el gel no es estable al calor (calor reversibles). contiene un grupo sulfato en la molécula y forma un gel frágil y la fuerza del gel se obtiene por la presencia de Iones potasio (K +). El gel es estable a un valor pH superior a 4.2. Los efectos Sinérgicos

pueden ser alcanzados mediante la mezcla de k-carragenato con LBG o harina de tubérculos. La mayoría de k-carrageninas aplicados en la industria de la carne son completamente solubles a una temperatura de alrededor de 68 a 70 ^{o}C.

Goma de algarrobo (E 410)

LBG proviene de la semilla de Ceratonia siliqua y contiene galactosa así como la manosa en una proporción de 1:4. Una cadena lateral de la galactosa está ligada en todas las moléculas de la cadena lineal de manosa. LBG es totalmente soluble en 80 ^{o}C, es sólo un engrosamiento si se aplica por sí sola y no formar un gel.

El agar-agar proviene de "algas el nombre de" gel malaya de la capacidad de alimentos.

El agar es un polímero de agarobiose, que es un disacárido hecho de galactosa y 3,6-anhidrogalactosa. Es un polvo blanco cremoso que es soluble en de agua caliente, pero insoluble en agua fría. Formación de gel comienza a tener lugar en una concentración de 0,4% y un temperatura superior a 80 ^{o}C plenamente disuelve el agar. Al enfriarse por debajo de 40 una ^{o}C.

Lección 15 proteínas, hidratos de carbono y otros componentes.

Derivados proteicos de diferentes orígenes vegetal, animal y microbiano han sido utilizados en la elaboración de productos cárnicos con propósitos tecnológicos, rebajar costos de formulación, o incluso por su valor nutritivo (Tabla 10). Algunos de ellos tienen sustancias que benefician la salud, como es el caso de algunas proteínas vegetales (soja, avena, girasol, trigo, maíz, etc.).

Tabla 10**.** Proteínas no cárnicas utilizadas en la elaboración de productos cárnicos (Jiménez Colmenero, 2004).

Origen de la proteína	
Animal	Leche, pescado (surimi), derivados de la carne (tejido conectivo, sangre, carne separada mecánicamente, etc.), huevo.
Vegetal	Soja, girasol, cacahuetes, algodón, semilla de colza. Cereales: Maíz, trigo, avena, arroz. Legumbres: guisantes, judias.
Microbiano	*Streptoverticillium mobaraense* (MTG EC 2.3.2.13).

Entre las proteínas que se han utilizado en la elaboración de productos cárnicos,la más ampliamente estudiada ha sido la proteína de soja (Tsai *et al*., 1998; Chin *et al*.,1999; 2000; Porcella *et al*., 2001; Feng *et al*., 2003), a la cual junto con otros compuestos bioactivos que la acompañan se le atribuyen muchos beneficios para la salud, como prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis y alivio de los síntomas menopáusicos (Hasler, 1998; Jiménez Colmenero *et al*., 2001; Halsted, 2003). Su presencia como agente funcional está siendo aprovechada por la industria en la formulación de productos cárnicos (Tabla I.16).

Además han sido empleadas otras proteínas vegetales como la proteína de trigo (Sadler, 2004) y harina de leguminosas (Modi *et al*., 2003), entre otras. En algunos casos mejoran la calidad aminoacídica del producto, por su elevada proporción de arginina y baja relación lisina/arginina, constituyendo una combinación muy favorable para la prevención de hipercolesterolemias y agregación plaquetaria (Jiménez Colmenero, 2004). La FDA ha autorizado a varios de estos ingredientes vegetales la declaración de sus efectos beneficiosos para la salud (*"health claims"*), como por ejemplo la avena (1990) y la soja (1999). En Alemania han sido comercializados productos cárnicos enriquecidos con L-Carnitina (Tabla I.16) (Anónimo, 2002).

Azucares

Los mas utilizados son la glucosa (también llamada dextrosa), lactosa y sacarosa, se añaden por su capacidad edulcorante, para evitar el sabor salado que se produce por la adición de las salmueras en la fabricación de determinados productos cárnicos; en la elaboración de embutidos fermentados, los azúcares se añaden para asegurar la existencia de suficiente sustrato fermentable para favorecer el desarrollo de las bacterias lácticas. La Norma admite

una adición máxima de estas sustancias de un 5% sobre el producto acabado, expresado analíticamente en glucosa

Condimentos y especias

Son de naturaleza muy variada, destacando el pimentón, la pimienta, el ajo, perejil, orégano, se añaden principalmente para dar al producto un sabor determinado

Antioxidantes.

Diferentes evidencias sugieren que los antioxidantes ingeridos en la dieta contribuyen a prevenir el daño oxidativo en el organismo y reducir el riesgo de sufrir ciertas enfermedades, como las ECV, algunos tipos de cáncer, Alzheimer, etc. Por otro lado limitar la oxidación de los lípidos en el alimento también resulta fundamental por cuanto que algunos compuestos que se originan están implicados en el inicio o el progreso de procesos de envejecimiento, cáncer, EVC y cataratas, entre otras (Lee *et al*.,1998; Johnston, 2003). Por ello resulta de especial interés su incorporación o incremento en los alimentos de consumo frecuente. El contenido en antioxidantes de diferentes productos cárnicos ha sido mejorado mediante la incorporación de:

1) **Carotenoides** con la incorporación de pulpa de tomate (rica en licopeno) (Yilmaz *et al*., 2002; Sánchez-Escalante *et al*., 2003; Østerlie & Lerfall, 2005), zanahoria y batata (ricas en provitamina A) (Saleh & Ahmed, 1998; Suresh Devatkal *et al*., 2004).

2) **Ácido ascórbico** (vitamina C) por la incorporación de vitamina C, de forma aislada (Sánchez-Escalante *et al*., 2001), o bien formando parte de ingredientes como cítricos (Fernández-López *et al*., 2004) o miel (Pszczola, 1998; O´Connell *et al*., 2002).

3) **Tocoferoles** (vitamina E) mediante la adición directa de vitamina E en productos cárnicos (Miles *et al*., 1986; Hoz *et al*., 2004) o bien formando parte de ingredientes que lo contienen, como por ejemplo incorporandogermen de trigo (Gnanasambandam & Zayas, 1992).

4) **Fitatos** han sido incorporados directamente en productos cárnicos reestructurados de vacuno (Lee *et al*., 1998) o bien como componentes de ingredientes vegetales (cereales, leguminosas, etc.) incorporados en vacuno asado (Kim *et al*., 2000). Diversos productos cárnicos enriquecidos en antioxidantes están siendo comercializados en la actualidad (Tabla 11).

Tabla 11. Ejemplos de productos cárnicos disponibles en el mercado con especificaciones acerca de distintos componentes (Adaptado de Jiménez Colmenero, 2005).

Componente y "alegaciones" empleadas en su etiquetado	Productos disponibles en el mercado
LÍPIDOS	
Menos grasa, bajo en grasa, libre de grasa, X % libre de grasa, sin grasa animal añadida, 0 % de grasa saturada, libre de grasa *trans*, menos colesterol, bajo en colesterol. Bajo en calorías. Con omega 3 (*n-3*) y omega 6 (*n-6*), extra omega 3. Con ácido linoleico conjugado (CLA). Con aceite de oliva.	Salchichas, hamburguesas, jamón cocido, pechuga de pavo, bacon, snacks, longaniza, morcilla, mortadela chorizo, salchichón, etc.
SALES	
Menos sal, bajo en sal, sin sal añadida, 50 % menos sodio, bajo en sodio, sin fosfatos añadidos, sin nitrito o nitrito añadido.	Salchichas, jamón cocido, bacon, etc.
ALERGENOS	
Sin gluten y sin lactosa, libre de gluten, libre de alergenos.	Salchichas de cerdo [1], hamburguesas [1], albóndigas [1], jamón cocido, derivados de aves, etc.
PROTEÍNAS, PÉPTIDOS Y AMINOÁCIDOS	
Enriquecido con soja, L-Carnitina.	Salchicha de cerdo [1], jamón cocido, salami, etc.
PREBIÓTICOS	
Prebiótico, enriquecidos en fibra alimentaria, fibra soluble.	Salchichas, derivados de aves, jamón cocido.
PROBIÓTICOS	
Bífidus, bacterias probióticas.	Chorizo, producto cárnico untable fermentado [1].
ANTIOXIDANTES	
Con vitaminas E-C, enriquecido con 8 vitaminas.	Salchichas, pastel de pavo, bacon de pavo, mortadela, jamón cocido, etc.
FITOESTEROLES	
Enriquecidos con esteroles vegetales o estanoles.	Salchichas, albóndigas de pollo, etc.
MINERALES	
Con calcio, extra calcio.	Pechuga de pavo, salchichas.

[1] Producto FOSHU (Arihara, 2004).

UNIDAD 2: OPERACIONES EN LOS PROCESOS DE LA INDUSTRIA CÁRNICA

Nombre de la Unidad	OPERACIONES EN LOS PROCESOS DE LA INDUSTRIA CÁRNICA
Introducción	Esta unidad trata tres temas de importancia en los procesos cárnicos: el salado, el emulsificado y el fermentado desde el punto de vista de su bioquímica. En el salado, como se da la interacción de la sal y los componentes de la carne en especial las proteínas y la grasa, su cinética y la importancia de la concentración de la sal en sus efectos de curado, reacciones bioquímicas y las características fisicoquímicas y sensoriales del producto terminado. De igual forma, para el emulsificado, como los componentes participantes coadyuvan para la formación de la emulsión y cada uno de los posibles métodos a utilizar. En la Bioquímica de productos cárnicos fermentados se puede analizar como interactúan las materias primas utilizadas, los componentes de la carne y los microrganismos utilizados en el proceso de fabricación.
Justificación	Los procesos de la industria cárnica se estructuran por etapas principales como el salado, el emulsificado y la fermentación. El ingeniero de alimentos debe conocer cuales son sus efectos, formas de utilizar y aplicar estas operaciones a favor de obtener productos terminados acordes a la exigencia del cliente ya que estas operaciones definen diferentes parámetros que determinan la calidad de estos.
Intencionalidades Formativas	1. Determinar los efectos y formas de aplicar la sal en los procesos cárnicos. 2. Analizar los efectos bioquímicos en el tejido muscular debido a la utilización de la sal. 3. Conocer y analizar los factores ha tener en cuenta en la etapa de la emulsificaciòn. 4. Conocer y determinar cuales son los cambios bioquímicos

	presentados al obtener un producto cárnico fermentado.
Denominación de capítulos	Capitulo 4. El Salado, operación básica en los procesos Cárnicos Capitulo 5. Factores de importancia en la Formación de la Emulsión en Productos Cárnicos Capitulo 6. Bioquímica de Productos Cárnicos fermentados

CAPITULO 4. EL SALADO, OPERACIÓN BÁSICA EN LOS PROCESOS CÁRNICOS

Introducción

El capitulo a continuación pone a disposición del lector los conceptos relacionados a la operación del salado aplicado en la industria cárnica, en el se puede analizar la cinética del salado, la forma de calcular y expresar la concentración de sal a utilizar para un producto cárnico y la influencia que ejerce sobre los demás constituyentes nutricionales del producto cárnico final.

Lección 16: El proceso de salado

Debido a las diferentes propiedades de la sal, mencionadas con anterioridad, el proceso de salado ha sido empleado principalmente en la industria de conservación de la carne y del pescado. La estabilización de los alimentos mediante el uso de la sal, se basa en la reducción de los valores de actividad de agua (a_W), además de permitir el desarrollo del flavour característico en los proceso de secado y maduración.

El proceso de elaboración de productos salados y curados puede presentar variaciones, de acuerdo a la tradición de cada una de las áreas de producción, pero definitivamente el proceso de salado es una de las etapas fundamentales.

El proceso tradicional de salado ha sido desarrollado mediante el cubrimiento o el frotado de la materia prima con sal sólida, la cual es parcialmente disuelta y drenada por el efluente liquido que sale del alimento, como consecuencia de mecanismos osmóticos y difusionales. El objetivo de la etapa de salado es que el producto adquiera la suficiente cantidad de ingredientes curantes (principalmente sal) para proporcionar al producto la estabilidad

necesaria en las subsiguientes etapas del proceso, las cuales son llevadas a cabo a temperaturas por encima de la refrigeración (Secado, Ahumado, Curado, Cocción), y finalmente para garantizar la conservación del producto a temperatura atmosférica.

El mecanismo de transferencia de materia durante el proceso de salado, básicamente presenta dos flujos principales (figura 2); a- Flujo de agua, la cual está asociada en primer lugar a la perdida de agua del alimento por efecto del fenómeno osmótico y en segundo lugar al flujo del agua de zonas de baja concentración de sal (interior del alimento), hacia altas concentraciones de sal (exterior del alimento). b- Flujo de sal, la cual una vez disuelta penetra en el alimento, debido a la baja concentración existente en el interior de éste.

La velocidad con la que la sal penetra en el alimento disminuye a medida que el equilibrio salino, entre el medio exterior (sal) y el producto, es alcanzado. Factores internos y externos afectan los flujos de masa durante el proceso de salado. Entre los factores externos podemos encontrar la temperatura, el medio salino (sal sólida o salmuera), y el tamaño de los cristales de sal. Algunos de los parámetros internos son el pH, el contenido de grasa interna, la humedad, el estado de la materia prima (fresca o congelada), etc.

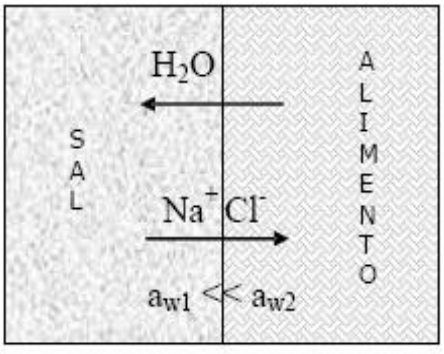


Figura 8. Flujos de masa durante el proceso de salado.

Dado que el proceso de salado es una técnica antigua, las diferentes condiciones asociadas al proceso han sido establecidas de forma artesanal. En las últimas décadas, la investigación, el entendimiento y la subsiguiente industrialización del proceso ha hecho posible el desarrollo de un proceso controlado y seguro. La industrialización y la investigación también han promovido la generación de nuevas técnicas de procesado, las cuales han incidido tanto en las técnicas de salado, de secado-madurado, como en los formatos de comercialización. Dentro de estas diferentes técnicas podemos encontrar el salado en salmuera (Sigurgisladottir *et al*., 2000; Chiralt *et al*., 2001; Barat *et*

al., 2005, 2006; Gallart-Jornet *et al*., 2007a, 2007b; Bellagha *et al*., 2007), donde la materia prima es puesta dentro de salmuera, reduciendo los tiempos de salado por la pre-solubilizacion de la sal. Además la aplicación de esta técnica permite realizar un proceso de descongelación simultaneo con el desalado, cuando se utiliza materia prima congelada. La aplicación del salado en salmuera puede verse mejorada con la aplicación de un pulso de vacío (50 – 100 mbar), reduciendo aun más los tiempos de salado como resultado del mecanismo hidrodinámico (figura 3), ya que la entrada de salmuera al interior del producto se ve forzada (Fito & Pastor, 1994).

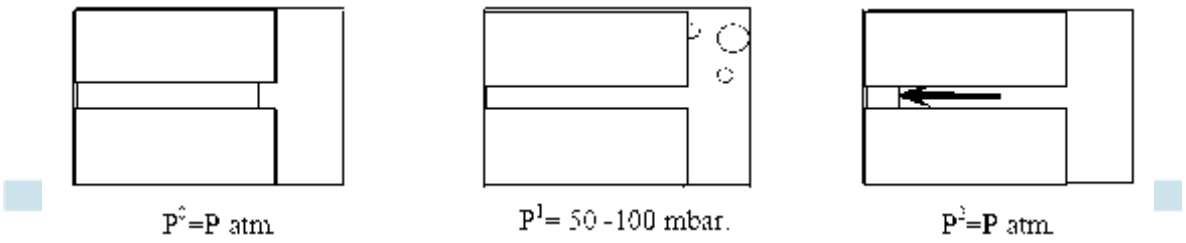


Figura 9. Efecto del mecanismo hidrodinámico durante la aplicación de pulso de vacío en el proceso de salado (adaptado de Fito et al., 1996).

El salado por inyección es otra de las técnicas introducida en los procesos de salado, especialmente en productos cárnicos y de la pesca. La inyección de salmuera esta basada en la inserción de agujas al interior del producto, para difundir la salmuera y las soluciones de curado, asegurando una rápida y más uniforme distribución del cloruro de sodio, nitrato, nitrito y otros posibles ingredientes, tales como azucares, especias, fosfatos, al interior de los tejidos del alimento (Townsend & Olson, 1994; Casiraghi *et al*., 2007). Estudios recientes han evaluado el salado por inyección, como una tecnología aplicable en la obtención de contenidos de sal homogéneos y satisfactorios en músculos en estado pre-rigor de salmón atlántico, antes de posteriores etapas del procesamiento, tales como secado y ahumado (Bencze Røra *et al*., 2004; Birkeland *et al* 2007). Adicionalmente, el nivel de inyección de salmuera puede mejorar las características de aceptación en jamón cocido (Desmond *et al*., 2002).

Recientemente se ha estudiado el uso de altas presiones hidrostáticas durante o después de el proceso de salado (comprendidas entre 50-400 Mpa, por un tiempo de 5 -10 min), su uso va dirigido hacia el incremento de la ganancia de sal y los procesos de difusión de agua y sal en pechugas de pavo (Villacís *et al*., 2008), así como en queso manchego (Pavia *et al*., 2000). Esta técnica provee un efecto adicional, el cual es el control en el crecimiento de microorganismos, lo cual aumenta el interés por este método como una alternativa en la

conservación de alimentos (Trujillo *et al*., 2000).

El proceso de salado es afectado por parámetros internos del alimento, especialmente por la matriz interna, la cual esta básicamente compuesta por grasa y proteína (en carne y productos cárnicos). La distribución de los componentes en esta matriz, así como la variabilidad de la materia prima afecta la difusión de la sal. Adicionalmente, es posible que la expresión de los resultados se vea afectada por la matriz de los alimentos, por lo cual es aconsejable considerar este efecto, a fin de definir las condiciones de la etapa.

Lección 17. Cinéticas de salado.

La penetración de sal hacia el interior de la carne conlleva mecanismos simultáneos de difusión y de ósmosis: la ósmosis por la penetración de sal al interior de las células musculares y la difusión por la migración tanto de agua como de sal a través de los líquidos intercelulares (Andrés y col., 2001). Debido a la mayor concentración de sal que presenta la salmuera, se expulsa líquido tisular de la superficie de la carne, pero a la vez penetra sal disuelta en su interior. El consiguiente incremento de sal en el interior de la carne aumenta la capacidad de retención de agua de las proteínas, lo que reduce e incluso impide la salida de agua de la carne (Prändl y col., 1994). La sal penetra a través de la fase líquida que forma el agua de constitución de la carne y su difusión posterior se realiza en la dirección de las fibras musculares a través del líquido extracelular. Tanto el tejido conectivo, como la grasa inter e intramuscular dificultan su difusión. La disolución de sal en el líquido extracelular hace que los iones Cl^- y Na^+ penetren en el interior de las fibras musculares y otras sustancias atraviesen el sarcolema en sentido opuesto tratando de igualar las concentraciones salinas del interior y el exterior de la célula (Nieto, 1988). Con la penetración de los iones de cloruro de sodio, elagua presente reduce su disponibilidad y, por consiguiente, la actividad de agua (aw) (Sayas y Pérez, 1989). Estos movimientos son de naturaleza osmótica y tienden a establecer una situación de equilibrio entre la salmuera y la carne.

Hacia el interior de la carne pueden difundir agua y sal común. Del interior de la carne hacia la salmuera pueden difundir agua y sustancias disueltas en el líquido tisular, tales como las proteínas. En estos procesos se establece un equilibrio entre la carne y la salmuera de todas las sustancias disueltas y dependen básicamente de la concentración de sal en la salmuera y de la relación, en peso, entre la salmuera y la carne.

La adición de sal a la carne aumenta la fuerza iónica y el Na +, así como los iones Cl-de la sal se unen a los iones de las cadenas laterales dentro de las proteínas y actúan como una fuerza de separación entre las cadenas laterales.

El cloruro es importante ya que ayuda a la absorción de potasio en el cuerpo humano. Es un componente del ácido del estómago digestivo y aumenta la capacidad de la sangre para transportar el dióxido de carbono de respiración de los tejidos a los pulmones. El sabor salado de los productos cárnicos que contengan cloruro de sodio generadas principalmente por la carga negativa iones Cl-y en un grado pequeño de la carga positiva iones Na +. En productos cárnicos contenido reducido de sodio, cloruro de potasio es con frecuencia el material de elección y de potasio produce tanto un salado, pero también a menudo un sabor amargo no deseado.

Lección 18. Importancia de la Expresión de la concentración de sal

Algunos autores usan diferentes bases para ilustrar el contenido de sal en sus publicaciones. La forma en que esta concentración es expresada depende especialmente del tipo del objetivo del análisis y de la investigación. Es posible encontrar concentraciones expresadas en porcentajes (Ösay *et al*., 1996; Martin *et al*., 1999; Deumier *et al*., 2003ª, 2003b; Andres *et al*., 2005; Goulas *et al*., 2005; Panagou, 2006; Bellagha *et al*., 2007), en donde el objetivo de esta forma de expresar la sal es la de mostrar el nivel de salado adquirido por los diferentes productos analizados, con el inconveniente que es muy difícil la comparación de resultados, si se esta discutiendo de matrices con una composición muy diferente.

Así y dado que en la investigación en alimentos se trabaja con matrices alimenticias que pueden llegar a presentar diferencias significativas, especialmente en los contenidos de humedad; grasa; proteína y sal, es necesario establecer una base común, bajo la cual se puedan comparar los resultados obtenidos, sin caer en errores de estimación.

En este sentido es común establecer bases de acuerdo al parámetro que presente una mayor variabilidad, es el caso de la fracción en base seca y la fracción en base seca exenta de grasa, donde el contenido es expresado excluyendo la fracción de agua o la de agua y grasa (Barat *et al*., 2004, 2005, 2006ª; 2006b; Ruiz-Ramírez *et al*., 2005a, 2005b). Por otro lado, cuando se esta haciendo referencia a procesos difusivos, la expresión de las concentraciones viene dada en la fase líquida (z^{NaCl}). Esto es debido a que los fenómenos de difusión de la sal son llevados a cabo en la fase líquida de los alimentos y que de esta forma es más fácil

establecer el nivel de difusión de la sal que ocurre en el interior de los alimentos.

El uso de este tipo de concentración es el más adecuado (Barat *et al*., 2003; Gallart-Jornet *et al*., 2007a), aunque algunos autores presentan este tipo de estudios bajo concentraciones en base seca (Gou *et al*., 2000; 2002; 2003; 2004). Es importante destacar que el sabor salado esta asociado a la fase liquida de los alimentos y sus correspondientes concentraciones de sal, ya que las células receptoras de la lengua se ven estimulados por la presencia de los iones Cl^- y Na^+ (Murphy *et al*., 1981), los cuales se encuentran presentes en la fase liquida por solvatación de la sal. Así la utilización de la expresión en la fase líquida también estará ligada a la percepción del sabor salado

Otro de los aspectos por los cuales es importante la concentración de sal en fase liquida, radica en su relación lineal con los valores de actividad de agua (a_W) de alimentos salados. Esta relación es importante en el control de algunos procesos, ya que los valores de actividad de agua se encuentran fuertemente ligados al desarrollo microbiológico, como se menciono con anterioridad.

El papel de la sal como un elemento depresor de la actividad de agua y a su vez como un método de preservación, se ve favorecido por la interacción entre la sal y la matriz del alimento. Los valores de actividad de agua en salmueras a diferentes concentraciones son más altos que valores a los obtenidos para concentraciones similares en la fase líquida del alimentos, encontrándose que al aumentar la concentración de sal en fase líquida, la relación se reduce, perdiendo su comportamiento lineal, lo cual demuestra que este efecto es más importante en alimentos cuyos valores de humedad son más bajos.

Lección 19. Influencia de la sal en el comportamiento de las proteínas y grasas.

Ha sido muy estudiada la influencia que la sal puede ejercer en la solubilidad y las propiedades emulsificantes de las proteínas (Cheftel *et al*. 1989). La solubilidad de las proteínas en el agua depende básicamente de la distribución de los grupos polares y no polares en las cadenas laterales de los aminoácidos (Cheftel *et al*., 1989), adicionalmente a las especies iónicas presentes en la solución (Arakawa *et al*., 1982; Kinsella, 1982).

El incremento de la solubilidad a bajas concentraciones de sal es debido al efecto “salting-in”, generado por la reducción de las interacciones electroestáticas por la reacción entre los iones de la sal y las cargas de las cadenas proteicas (Fennema, 1993). El efecto “salting-in” se

puede describir como la unión adicional de sal por parte de la fracción hidrofílica dentro de las proteínas, resultando en una resolubilización de éstas por el aumento de su carga eléctrica, lo cual genera repulsión electroestática en la cadena proteica (Vieira *et al*., 2006; Machado *et al*., 2007).

Por otro lado, la precipitación de las proteínas a altas concentraciones de sal cercanas a 1M (Cheftel, 1989; Machado, 2007), se debe al efecto "salting-out" de las interacciones hidrofóbicas. La sal afecta este tipo de interacciones incrementando la tensión superficial, lo cual es satisfactoriamente correlacionado con las series liotrópicas (Chou *et al*., 1979). Es posible definir el efecto "salting-out" como la unión de los cationes positivos a las zonas con carga negativa en la parte hidrofílica de las proteínas, lo cual a su vez genera la minimización de la carga eléctrica de éstas y de las interacciones electrostáticas de repulsión entre proteínas (Kumosinski, 1994).

La adición de cloruro de sodio en carne picada desacelera la velocidad en la formación de metamioglobina (MMb) (Torres *et al*., 1989). Por otro lado la sal ejerce influencia en la actividad enzimática de diferentes proteasas, tales como: proteasas activadas por calcio; catepsina D y catepsina L entre otras. Cuando el contenido de sal aumenta, la actividad enzimática de estos compuestos desciende, lo cual conlleva a la prevención del deterioro de la carne (Sárraga et al.,1989). Dentro de las enzimas responsables de algunos de los cambios que ocurren en el desarrollo del flavour en jamón, reduciendo su actividad por la presencia de sal, podemos encontrar calpainas y catepsinas (Rico *et al*., 1990; Toldra *et al*., 1998), lipasa neutra y estearasa ácida (Motilva *et al*., 1992). En algunos casos se han asociado problemas de textura a bajos contenidos de sal, lo cual permite una elevada actividad enzimática de la catepsina B (Parolari *et al*., 1994.

De forma contraria, algunas enzimas aumentan su actividad enzimática por la presencia de sal, como es el caso de la trasglutaminasa F-XIIIa, mediante la cual se mejora la cohesión y la elasticidad en la carne (Nielsen *et al*., 1995). La aminopeptidasa B (Flores *et al*., 1993), lipasa acida (Motilva *et al*., 1992) y m-calpaina (Rosell & Toldrá, 1998), son activadas mediante bajas concentraciones de sal. El empleo de otras sales como el cloruro de calcio $CaCl_2$ ha sido estudiado en la inhibición del envejecimiento post-mortem de ternera, mediante el empleo de inhibidores de cisteina (Alarcon-Rojo & Dransfield, 1995).

Se ha demostrado como cationes monovalentes, tales como sodio (Na^+) y potasio (K^+),

inhiben la actividad enzimática de algunas proteasas, mientras que cationes divalentes, tales como magnesio (Mg^{+2}) y calcio (Ca^{+2}), activan la actividad enzimática. Además se ha logrado establecer que los cationes monovalentes reducen el efecto de los cationes divalentes (Orlowski, 1990; Ray & Harris, 1987). Otras de las proteasas sobre las cuales se puede encontrar un efecto inhibitorio de la sal son: hemoglobin hidrolasa (Stoknes *et al*., 1995; Stoknes *et al*., 2005) y algunas de las proteasas acidas, las cuales incluso con la presencia de bajas concentraciones son inactivadas (Stoknes *et al*., 2005).

El proceso de salado disminuye significativamente la estabilidad al calor de la actina y la miosina, permitiendo la desnaturalización de estas proteínas a mas bajas temperaturas, siendo necesaria una menor cantidad de energía (Thorarinsdottir *et al*., 2002). Adicionalmente se ha podido observar como la quimiotripsina, tripsina, colagenasa y la elastasa, son activadas durante el salado- curado, excepto cuando las proteínas son desnaturalizadas por la concentración de NaCl (Stoknes, 2005).

La sal penetra a través de la fase líquida que constituye la carne y su difusión posterior se realiza principalmente en la dirección de las fibras musculares a través del líquido extracelular. Tanto el tejido conectivo, como la grasa inter e intramuscular dificultan su difusión. La disolución de sal en el líquido extracelular hace que los iones Cl- y Na+ penetren en el interior de las fibras musculares y otras sustancias atraviesen el sarcolema en sentido opuesto tratando de igualar las concentraciones salinas del interior y el exterior de la célula (Nieto, 1988). Con la penetración del cloruro sódico, se reduce la disponibilidad del agua presente y por consiguiente, se deprime la actividad de agua (aw) (Sayas y Pérez, 1989). La presencia de cloruro sódico en la carne aumenta su capacidad de retención de agua. La mayoría del agua presente en la carne se encuentra retenida por fenómenos de capilaridad entre los miofilamentos de las fibras musculares, formados fundamentalmente por las proteínas actina y miosina. El ión cloruro se une a los grupos cargados positivamente de las proteínas, provocando una disminución del punto isoeléctrico de la carne, lo cual se traduce en un incremento del número neto de cargas negativas de las proteínas y por fenómenos de repulsión, en un aumento del espacio entre las proteínas, con el consiguiente incremento de la capacidad de retención de agua (Andrés y col., 2001).

La presencia de cloruro sódico en la carne aumenta su capacidad de retención de

agua. La mayoría del agua presente en la carne se encuentra retenida por fenómenos de capilaridad entre los miofilamentos de las fibras musculares, formados fundamentalmente por las proteínas actina y miosina. El ión cloruro se une a los grupos cargados positivamente de las proteínas, provocando una disminución del punto isoeléctrico de la carne, lo cual se traduce en un incremento del número neto de cargas negativas de las proteínas y por fenómenos de repulsión, en un aumento del espacio entre las proteínas, con el consiguiente incremento de la capacidad de retención de agua (Andrés y col.,2001).

Lo anterior se efectúa por medio de la contribución de las cargas negativas del ion cloruro, lo cual causa un desequilibrio en la carga de las proteínas, y por lo tanto aumenta la repulsión entre ellas. El aumento de la concentración por encima de 0.6M NaCl ocasiona el aumento de las repulsiones electrostáticas hasta hacer desaparecer la estructura miofibrilar. Este proceso se utiliza en el curado de las carnes y en emulsiones.

El cloruro de sodio ha sido reportado como un compuesto pro- oxidante (Chang & Watts, 1950; Tappel, 1952; Banks, 1961; Ellis *et al*., 1968; Powers & Mast, 1980; Kanner & Kinsella, 1983; Coutron-Gambotti *et al*., 1999; Kanner *et al*., 1991), en concentraciones entre 0.5 - 2.5% (Hernandez *et al*., 2002), aunque en algunos casos ha sido observado su efecto antioxidante (Chang & Watts, 1950; Mabrouk & Dugan, 1960). Ellis y colaboradores postularon que el cloruro de sodio puede ser el responsable de la activación de un componente en el tejido magro de la carne, que es el responsable del cambio de las características oxidativas del tejido adiposo. Debido a que el citoplasma contiene iones hierro, probablemente quelados por las proteínas, en sistemas cárnicos el cloruro de sodio posiblemente incrementa la cantidad de iones hierro catalítico, los cuales pueden penetrar dentro de la fase lipídica, aumentando la peroxidación de las grasas (Kanner et al., 1991; Kanner, 1994). Este proceso tiene un efecto negativo en la calidad de alimentos cárnicos, como puede ser la disminución del flavour (St. Angelo & Bailey, 1987). También se ha observado como los músculos de cerdo salados son menos susceptibles a la oxidación de la grasa, debido a la influencia del cloruro de sodio en la estabilidad de enzimas antioxidantes, tales como la catalasa y la GSH-Px, esta última más afectada que la catalasa (Hernández et al., 2002).

Hasta la fecha no se ha probado el efecto real de la sal sobre los procesos lipolíticos. Algunos estudios han reportado un efecto positivo (Motilva & Toldrá, 1993a; Vestegaard *et al*., 2000, Andres *et al*., 2005), aunque otros autores no han encontrado ninguna clase de efecto sobre este tipo de reacciones (Countron-Gambotti *et al*., 1999).

Como se mencionó con anterioridad, el proceso de salado permite sólo una limitada protección contra los procesos deteriorativos de los alimentos, siendo necesaria en la mayoría de los procesos su combinación con otros métodos de conservación, para obtener un adecuado nivel de protección contra el ataque microbiano.

Lección 20. Tendencias en el proceso de salado.

La estimación más común para los requerimientos mínimos de sodio en el hombre es de 200 mg/día (0.5 g de NaCl), sin embargo, el consumo promedio de ingesta de sodio en países desarrollados esta cerca a valores entre 4 – 5 g (10-12 g de NaCl), (Dillon, 1987;IFT, 1980), lo cual es 25 veces más que los requerimientos mínimos para un adulto. Este hecho es el responsable de las tendencia actuales en el procesamiento de alimentos, la cual es la reducción del contenido de cloruro de sodio con el objeto de contrarrestar las implicaciones que la presencia de la sal en la dieta puede generar en la salud de los consumidores, especialmente referido a enfermedades cardiovasculares (Antonios & MacGregor, 1997; Morgan *et al*., 2001) y a problemas relacionados con presión arterial (Appel *et al*., 1997).

Básicamente existen tres estrategias para la reducción del contenido de sodio, estas son; a- El uso de sustitutos del cloruro de sodio; b- El uso de potenciadores del flavour; c- la optimización de la forma física de la sal con el objeto de incrementar su solubilidad (Desmond, 2006). Se ha considerado el uso de cloruro de potasio como sustituto del cloruro de sodio, encontrándose algunos inconvenientes como es el sabor amargo y la sensación de un menor sabor salado lo que implica la necesidad de mayores cantidades de KCl para obtener un mismo nivel en la sensación del sabor salado.

Otro problema del uso del Cloruro de potasio en la dieta es el aumento de los niveles de iones K^+ en los humanos, lo cual esta asociado a la aparición de trastornos y enfermedades renales y cardiacas. Algunos estudios han reportado la sustitución parcial de NaCl por KCl en algunos productos como quesos Feta y Kefalograviera (Guven & Karaca, 2001; Katsiari *et al*., 2000, 2001), también en algunos embutidos fermentados (Gou *et al*., 1996) y en jamón curado (Frye *et al*., 1986).

En estos casos no se ha reportado ningún efecto de la sustitución sobre el producto final, comparado con el producto tradicional (sin sustitución de NaCl). Se ha observado que los fosfatos pueden ser usados como sustitutos del cloruro de sodio, especialmente en productos

cárnicos, aunque hay que tener encuenta que concentraciones elevadas de estos compuestos pueden generar problemas organolépticos, como es la presencia de un sabor jabonoso (Barbut *et al*., 1986; Sofos, 1985; Ruusunen *et al*., 2002,2005).

Debido a los efectos que presenta el cloruro de sodio sobre la calidad y el procesamiento de los alimentos, es necesario el empleo de varios aditivos, con el objeto de solucionar los problemas que se presentan en productos bajos en sal, problemas asociados a la retención de agua y baja emulsificación, lo cual genera problemas de sabor y textura (Collins, 1997; Monahan & Troy, 1997). Dentro de los compuestos que han sido ensayados con éxito se puede encontrar el uso de trasglutaminasa, la cual produce la gelificación de las proteínas musculares en Embutidos, reduciendo o eliminando la necesidad de adicionar sal (Nielsen *et al*., 1995; Kuraishi *et al*.,1997).

En productos donde el empleo de la sal es imprescindible, tales como el jamón curado, la demanda de los consumidores por productos menos salados, ha generado la reducción de la sal (Guerrero *et al*., 1998; Morgan *et al*., 2001), siendo necesario la adaptación de las condiciones y variables de proceso, para acomodarse a un producto con bajas concentraciones de sal (Andres *et al*. 2001). Así estas modificaciones en el procesado irán ligadas al objeto de reducir el riego tecnológico (Baldini *et al*., 1984) y las implicaciones negativas sobre la calidad sensorial, tales como la oxidación de las grasas.

El desarrollo de la investigación en los procesos de salado bajos en sal, deben apuntar hacia el incremento en las velocidades de difusión.

Capitulo 5: Factores de importancia en la Formación de la Emulsión en Productos Cárnicos

Introducción

Entre los productos cárnicos comercializados se encuentran aquellos que en su procesos se realiza una etapa de emulsificaciòn con el fin de conferir características físico químicas y sensoriales propios de ellos, este capitulo ofrece al lector algunos de los principales aspectos como las características de la materia prima; los aditivos necesarios y aspectos de proceso de ha tener en cuenta para la producción de productos emulsificados.

Lección 21: Características de la materia prima

La mayoría de los clientes compra una salchicha cocida con el deseo de aplicar al producto una buena mordida, con textura firme y por un fuerte color rojo de curado. Por lo general, proporciones más altas de carne magra en el producto contribuyen positivamente a la textura y a una mordida más firme, así como un color más fuerte de curado. Por desgracia, la carne magra es el mas costoso y por razones económicas a menudo determinan la cantidad de carne magra en una formulación.

Un aspecto importante para este tipo de productos cárnicos es el número de microorganismos presentes en la carne y grasa utilizada, como en todos los otros productos cárnicos, el número de microbios de la carne y la grasa a procesar debe ser lo más bajo posible. Lo anterior, es a menudo descuidado, pero la grasa con un recuento de microorganismos elevados produce enranciamiento y afecta el sabor, la vida útil y estabilidad del color en el producto terminado. El número de microorganismos en la carne utilizada debe estar entre 10^2 y 10^4 por gramo de carne o grasa a procesar y se prefiere un pH entre 5,7 y 6,0, la solubilidad es mayor en este pH ya que la maduración se ha llevado a cabo y reduce el número de enlaces cruzados entre actina y miosina y la CRA también se ha mejorado.

La temperatura de la carne, la grasa y los materiales ha ser procesado depende de cómo van a ser procesados. Si es carne y grasa fresca, refrigerada la temperatura debe estar entre 0 y 4 ^{o}C. Las bajas temperaturas retardan el crecimiento microbiano y optimiza la solubilidad de las principales proteínas miofibrilares, la miosina y la actina. La sal solubiliza proteínas como la miosina y la actina, aumentando en un 300% mas su CRA y la capacidad para emulsionar la grasa en el agua soluble de las proteínas tales como las proteínas sarcoplasmicas. El agua es en última instancia unida a las cadenas laterales de polipéptidos los aminoácidos ionizados puede inmovilizar de5 a 6 moles de agua por aminoácido, mientras que los aminoácidos no-ionizado puede almacenar alrededor de 3 moles de agua por aminoácidos y en los aminoácidos no polares la con capacidad es de 1 mol de agua por aminoácidos. Miosina, actina y tropomiosina son responsables para la retención de agua en la proteína muscular.

La carne magra presente en una salchicha afecta la inmovilización de agua añadida, la emulsificación de la grasa y la textura, la mordida, color y sabor del producto. El intercambio de un tipo de carne por otro, incluso si son del mismo corte, el producto resulta diferente. Por ejemplo, si la carne se sustituye por carne de cerdo, la firmeza y la mordida en los productos terminados podría varir. Sin embargo, si se desea una textura más suave, la sustitución de una cantidad de carne de vacuno por carne de cerdo es lo más recomendable.

La Carne y la grasa sólo se pueden almacenar durante un período prolongado de tiempo, si se congelan, como el crecimiento bacteriano se detiene a temperaturas de alrededor -20 ^{o}C, los procesos enzimáticos, como los que causan rancidez continúan a muy bajas temperaturas de modo que la cantidad de tiempo que la carne y contenido de grasas se pueden almacenar depende en gran medida del contenido de grasa.

La Carne PSE no es adecuada para embutidos cocidos, ya que tiene un reducido contenido de proteínas nativas. Esto significa que su CRA, así como la capacidad de emulsionar la grasa se reduce ya que las proteínas activadas son necesarias para esos procesos. La Carne PSE es de color pálido, lo cual no es benéfico para embutidos cocidos. la práctica y experiencia muestra que Carne PSE es con frecuencia un problema procesos de pequeñas cantidades. Cuando una alta proporción de carne de cerdo se utiliza en un solo lote, y la mayoría de la carne de cerdo proviene de un solo cerdo que dio carne PSE, el producto final tendrá un desarrollo pobre de color y de firmeza pobre. La separación de la grasa y el agua también se producen algunas veces cuando el nivel de proteínas nativas es bajo, aunque la presencia de carne PSE generalmente no es la única razón de la separación; La tecnología de procesamiento tiene tambien un gran impacto en la la estabilidad de una emulsión.

La mayoría de los lotes de embutidos cocidos que contengan una mezcla de carne de cerdo de diferentes animales, junto con otros tales como carne de res y algunos con carne PSE, no causan ningún problema durante el proceso. La experiencia demuestra que hasta el 15% de la cantidad total de carne de cerdo utilizada en un lote puede ser PSE sin causa una diferencia significativa en el producto terminado. En un producto que la cantidad total de carne contiene, por ejemplo, 90% carne de res y sólo el 10% de carne de cerdo, todo el aporte de carne de cerdo podría ser la carne PSE, sin tener problemas tecnológicos. Los problemas surgen cuando una gran cantidad de carne de cerdo se utiliza en la formulación y gran parte de ella es del PSE. Esto es particularmente importante en los productos que contienen piezas de gran tamaño de la muestra de carne.

La carne vacuna es de uso común en los embutidos cocidos y un poco de carne DFD se puede utilizar sin dañar el producto terminado, Aunque el uso de grandes cantidades de carne DFD debe ser evitado. Demasiada Carne DFD puede resultar en un color de curado pobre y corta vida de anaquel debido a su alto pH. Por otro lado, la carne DFD muestra una excelente solubilidad de la proteína y una CRA alta, y por lo tanto no tiene un impacto negativo en la estabilidad de la emulsión.

Las compañías que utilizan la carne del sitio donde se cortó el animal para el sangrado, por lo general es casi siempre de la zona del cuello, justo debajo de la cabeza; esta tiene una gran cantidad

de tejido conectivo, que a su vez contiene mucho colágeno. El colágeno se convierte en gelatina durante la cocción, lo que contribuye a una textura y una mordida más firme. La sangre en este tipo de carne también conduce a un fuerte color rojo en el producto terminado.

La carne de las cerdas, antiguas hembras reproductoras, se utiliza ampliamente en Embutidos cocidas. Esta carne contiene altos niveles de mioglobina, debido a la edad del animal y una vez en contacto con el nitrito, produce un fuerte color de curado; el contenido de agua en el tejido muscular de los animales de mayor edad es más baja que la de un cerdo joven (alrededor de 6 meses) y por lo tanto la CRA es mayor. La carne de cerdos machos adultos al igual que las hembras reproductoras es muy barato en la mayoría de los países por lo general la CRA es excelente y es muy delgado, alto en proteínas y al mismo tiempo, muy bajo en grasa.

Las principales desventaja de la carne de cerdos machos adultos es su olor. Ciertas hormonas principalmente androstenona y la testosterona, así como Escatol, causa un olor de orina al olfato, que no es aceptable para la mayoría de los consumidores. Para eliminar el olor, el cerdo macho es castrado varios meses antes del sacrificio, una vez que ya no es apto para la reproducción. El olor a orina desaparece durante el tiempo entre la castración y el sacrificio, por lo que la carne de cerdos machos adultos puede ser utilizada para embutidos. Sin embargo, un Cerdo macho adulto castrado no es útil para el agricultor y es costosa su alimentacion.Cuando la carne de cerdos no castrados se utiliza, no debe ser mayor del 5 - 10% de la carne utilizada, y se deben adicionar especias para ocultar el olor.

Otros tipos de materias primas cárnicas utilizadas son las que proceden de las cercanías a los huesos o llamadas Carnes Mecánicamente Deshuesada o carnes separada mecánicamente, básicamente es la mismo tipo pero pueden ser duros o suaves dependiendo al corte o sección del animal; embutidos, y productos de bajo costo generalmente contienen una gran cantidad de este tipo de carne. Las carnes separadas mecánicamente blandas contiene alrededor de 14-17% de proteínas, su CRA y la capacidad de emulsionar la grasa es de alrededor de un 25-35% menos de carne magra del músculo.

Las carnes separadas mecánicamente duras sólo contiene alrededor de 12-14% de proteínas, y su capacidad de inmovilizar el agua y emulsionar la grasa es sólo la mitad de la del tejido muscular. Las carnes separadas mecánicamente son difíciles, no contribuyen mucho a la textura y la firmeza y puede causar problemas en la producción porque los niveles de grasa varían mucho. Los productos que contienen altos niveles de carnes separadas mecánicamente duras puede ponerse oscura durante el tratamiento térmico y la introducción de caseinato de calcio ayuda a corregir esta forma ocasional de la

decoloración. La textura de Embutidos cocidas hechas con grandes cantidades de carnes separadas mecánicamente duras tiene que ser procesados con la adición de materiales tales como la soja.

Lección 22: Importancia de la grasa en la formación de la Emulsión

La grasa estabiliza las proteínas solubilizadas en la red del gel en embutidos como la salchicha y contribuye con su jugosidad y textura. La grasa también ayuda a prevenir la contracción de la proteína durante la cocción, actuando como un relleno. La Grasa de cerdo es la grasa más utilizada en embutidos cocidos. La Grasa del lomo, el vientre y el cuello es la grasa más adecuada para embutidos cocidos debido a su bajo contenido de ácidos grasos insaturados. Sin embargo, la grasa del lomo y el cuello se utiliza a menudo para productos tales como salamis este tipo de productos se venden a un precio más alto que las Embutidos cocidas.

La grasa de todas las demás partes de un cerdo, como el hombro y la pierna se utiliza con frecuencia para embutidos cocidos, pero la inclusión de grasa del lomo o del cuello, así como vientres es ventajosa para el proceso y producto terminado. La grasa del Hombro o la pierna tienen más bajo punto de fusión que la grasa de la el cuello o el lomo pero el riesgo de separación de la grasa en el producto terminado se favorece si la temperatura durante la emulsión supera 16-18 ^{o}C. En términos prácticos, la grasa utilizada es a menudo una mezcla de todas las partes de un cerdo sacrificado. La grasa no debe ser rancia, debe estar libre de la piel y debe tener un bajo recuento de microorganismos

Muy a menudo, la grasa es procesada de forma congelada, porque esta es la única forma de almacenar por mucho tiempo. Esto reduce la necesidad de adicionar hielo durante el proceso ya que la grasa congelada mantiene la temperatura baja. Una mayor cantidad de agua puede ser utilizada, que cuesta menos y es menos perjudicial para las cuchillas del cutter.

Embutidos cocidos muy económicos se producen a menudo utilizando recortes de grasa de carne de res y carne de ovino (ovejas de edad), ambos ricos en ácidos grasos saturados, sin ningún tipo adicionar grasa de cerdo en la formulación lo cual genera al momento de consumir el producto terminado la sensación arenosa o pegajosa en la boca pegajosa; muchas veces es aceptado por los consumidores, simplemente porque no pueden darse el lujo de pagar un precio mayor para embutidos de mejor calidad

El aceite vegetal se utiliza cuando no se dispone de grasa sólida. Los Embutidos cocidos producidos con aceite son de color más claro que las hechas con grasa sólida. El aceite es esencialmente de 100 % grasa mientras que la grasa sólida es sólo alrededor del 85% de grasa. El

aceite tiene un área de superficie mucho mayor que la grasa finamente cortada y esto hace que en el producto final el color sea más claro, a menudo le confiere al producto una imagen saludable. Los Embutidos Cocidos cuya emulsion es elaborada con aceite son verdaderas emulsiones, tanto el agua y la grasa están presentes en forma líquida actuando las proteínas como emulsionante. El aceite debe ser enfriado antes de su uso para mantener la temperatura total del Embutido baja masa y por lo tanto, para tener tiempo suficiente para que el aceite se emulsione correctamente.

De igual forma se utiliza también la piel de cerdo o de pollo, estas contienen alrededor del 55% de agua, el 35% del tejido conectivo (Principalmente colágeno), alrededor de 50-10% de grasa y 0,5% de cenizas. Emulsiones hechas de piel de pollo o carne de cerdo son ampliamente utilizados en la producción de embutidos cocidos, dependiendo de la legislación de algunos países, ya que son mas baratas y agregan firmeza al producto final. Tendones o ligamentos son también utilizados por la misma razón, y todas estas materias primas tienen un alto contenido de tejidos conectivos como el colágeno. Al elevar la temperatura, el colágeno se convierte en gelatina y contribuye a una mordida con mayor firmeza, presión y mejor textura. Muchas veces se utilizan mezclas de estos componentes con proteína soja, en general en una proporción de 01:04:04, en donde se corta 1 kg de proteína de soja con 4 kg de agua helada y 4 kg de piel.

La proteína de soja se lleva al cutter con agua fría alrededor de 2-3 minutos hasta que un material gelatinoso se obtiene. la temperatura máxima debe ser alrededor de 10-14 ^{o}C. La Sal y nitritos se utilizan para extender la vida útil de la emulsión y se añaden al final del proceso de corte con un mezclado suave; la vida útil de este tipo de emulsión es entre 3 y 4 días almacenado a 0-3 ^{o}C.

Otra fuente de grasa para la fabricación de embutidos cocidos es una emulsión de grasas proveniente de diversas materias primas. Generalmente se hacen de proteínas de soja, materias primas de bajo valor en el contenido graso y agua, la proteína aislada de la soja es la proteína más comúnmente utilizada; las materias primas de bajo contenido graso son el tocino y grasa de los riñones de los cerdos o el ganado, sebo y grasa de pollo. En la mayoría de los casos, estos tipos de grasa suelen eliminarse, y a veces la eliminación cuesta dinero. Si se añade directamente a una emulsión, estas grasas causan la sensación de una boca grasosa lo cual es malo al gusto sentirlo. Los embutidos que contienen una gran cantidad de estas grasas puede dejar una fina capa de grasa pegada a las encías en la boca.

Lección 23: Utilización de aditivos para la formación de la Emulsión.

Los Fosfatos son los aditivos más eficientes para la solubilizarían de las proteínas musculares, en general 5.3 g de fosfato se utilizan por kilogramo de masa total. La masa total incluye todas las carnes magras, grasas, agua o hielo. Por lo tanto, 300-500 g de fosfato se añade por cada 100 kg de masa total. La mayoría de los países permiten 0,5%, o 5 g de pentóxido de fósforo (P_2O_5) Por kilogramo de producto, lo que representa alrededor de 8 g de fosfato añadido por kilogramo de masa total. Estos elevados niveles de fosfato añadido no dan lugar a una mayor funcionalidad; 6 g de fosfato por kilogramo de producto pueden ser vistos como el nivel máximo desde un punto de vista tecnológico.

Mezclas especiales de fosfato que contiene principalmente difosfatos, están disponibles para embutidos emulsionados y actúan rápidamente en las proteínas durante su preparación en el cutter este es importante ya que tiene sólo alrededor de 12.7 min para hacer una emulsión; los fosfatos se añade siempre al principio del proceso de corte, de modo que puede actuar sobre toda la proteína desde el principio.

La sal es el más antiguo de los aditivos y actúa sinérgicamente con fosfato; la cantidad de sal en los embutidos cocidos varía considerablemente, pero debe estar en el rango de 12 g por kilogramo de masa total con el fin de activar la proteína con eficacia. La sal se añade también al comienzo del proceso de corte, junto con fosfatos, ya que esto aumenta la fuerza iónica a su nivel máximo y promueve la solubilización de la proteína muscular.

El Agua o hielo, como tal, no es un aditivo, sino que cumple con funciones en la producción de embutidos cocidos, como activar o solubilizar la proteína muscular. Sin agua, poco o ninguna proteína se puede activar, y altos niveles de proteína activada son necesarios para una textura firme. En segundo lugar, el hielo es de uso común para contrarrestar los efectos de calentamiento de las altas fuerzas de corte y corte generado por las cuchillas en la taza del cutter. El hielo es también esencial para mantener baja la temperatura de la masa de embutido. Sin hielo, la temperatura de la masa de Embutidos se elevaría muy rápidamente, reduciendo el tiempo disponibles para el corte y por lo tanto, sería difícil obtener un producto homogéneo sin ningún tipo de partículas de grasa visible y para activar la máxima cantidad de proteína. El hielo debe estar hecho con agua de calidad potable.

El Citrato se aplica de 3-5 g por kilogramo de masa total y la experiencia práctica demuestra que una combinación de 2 g de fosfatos junto con 20 g de sal por kilogramo de masa total solubiliza cinco veces más proteínas que la combinación de citrato de 5 g en combinación con 20 g de sal por kilogramo de masa total.

Los Embutidos elaborados con sales de ácidos de calidad alimentaria son por lo general débiles en la apariencia y el producto también comúnmente carece de adherencia, firmeza y textura, debido a las bajas cantidades de proteína solubilizada. Igualmente, también existe alto riesgo de obtener separación del agua y / o separación de la grasa en el producto durante el tratamiento térmico.

El color de curado puede desarrollarse rápidamente si se usa nitritos en lugar de nitrato. Dependiendo del nivel máximo de nitrito residual permitido en el producto terminado, el cual difiere de un país a otro, alrededor de 150 hasta 300 ppm de nitrito se introducen por kilogramo de masa total. Como regla general, alrededor del 50-60% de nitrito añadido actúa sobre el color y el desarrollo del sabor, hasta el 30% se oxida a nitrato y una cantidad bastante grande simplemente se pierde, por lo que actualmente no hay suficiente explicaciones sobre eso. Por ejemplo, si 200 ppm de nitrito se aplican por kilo de masa total sin procesar, alrededor de 70 a 100 ppm se utilizan en la cocción del producto. El Nitrito residual se encuentra mas en productos de gran diámetro, ya que el proceso de cocción es más largo que para los productos de pequeño diámetro.

Las normas alimentarias a nivel mundial limitan el nivel máximo permisible de nitrito en el producto final independientemente de la cantidad introducida en el proceso de fabricación. En embutidos cocidos, el nivel de nitrito residual permitido es normalmente de 80 a 125 ppm. Algunos embutidos cocidos se producen sin adición de nitrito, y éste se utiliza como una herramienta de ventas y marketing.

Los Potenciadores de color como el ácido ascórbico, ascorbato, eritorbato y GDL se utilizan para intensificar y acelerar el desarrollo del color de curado en embutidos cocidos, y para estabilizar el color durante el almacenamiento. La adición de un potenciador de color sólo tiene sentido cuando el nitrito, o el nitrato no se utiliza en el producto. El acido ascórbico se puede adicionar entre 0,4-0,6 g por kilogramo de masa total, mientras que el ascorbato o eritorbato entre 0,5-0,7 g por kilogramo de masa total. Los niveles excesivos de ácido ascórbico o eritorbato pueden causar que el producto desarrolle un color verde, mientras que el ácido ascórbico, o ascorbato, reduce la *E*H valor y mejora la vida de anaquel. El ácido ascórbico es más comúnmente utilizado como potenciador del color en embutidos cocidos, ya que acelera la formación de NO, que es necesaria para la formación de nitrosomioglobina. El ácido ascórbico acelera la formación de NO a partir de HNO_2 durante la conversión de nitritos en NO

El ácido ascórbico también reduce el nitrito residual directamente al NO y por lo tanto estabiliza el color en el producto terminado; al reducir el nivel de nitrito residual en el producto terminado, el ácido ascórbico también ayuda a mantener el producto en el límite legal para el nitrito. El Ascorbato o

Eritorbato se convierten en ácido ascórbico o eritórbico cuando se añade a la masa del embutido y actúan como potenciadores del color. Se deben adoptar técnicas en el proceso que garanticen NO mezclar el ácido ascórbico con nitrito, ya que estas dos sustancias químicas reaccionan instantáneamente unas con otras para formar de forma inmediata gases tóxicos. Como el nitrito se pierde en esta reacción, el producto final es de color muy pobre e inestable produciendo una vida útil más corta.

En casos severos, el producto es de color gris. En general, los potenciadores de color que contiene ácido ascórbico u otros materiales, tales como GDL o ácido cítrico, se añaden a la masa de embutidos algún tiempo después del nitrito. GDL es ocasionalmente añadido en torno a 1,0-1,5 g por kilogramo de masa total. El ácido cítrico se utiliza muy poco y, si es así, se añade alrededor de 0,1-0,2 g por kilogramo de masa total. Cuando cualquier cantidad de GDL o ácido cítrico se adiciona, el valor del pH de la masa del se reduce ligeramente, lo que aumenta la cantidad de disociar HNO_2 aumentando así la cantidad de NO obtenidos.

Aumento de los niveles de NO provocar la formación de un mayor nivel de nitrosomioglobina, apoyando así el desarrollo de un color de curado más fuerte. Sin embargo, el ácido ascórbico es más eficaz para el desarrollo del color y estabilidad de color durante el almacenamiento que el ácido cítrico o GDL. La introducción de estos aditivos hacia el final del proceso es beneficiosa debido a que el pH de la mezcla debe mantenerse a un nivel óptimo para que la CRA para los aditivos y la activación de la proteína ya sea durante el mayor tiempo posible. El ácido bajará el pH, la adición de ácido cítrico o GDL Color no debe causar una reducción en el pH mayor de 0,2 unidades de pH; un posible problema causado por un pH bajo es separación de la grasa y el agua.

Los colorantes se utilizan comúnmente en embutidos cocidos económicos, donde la cantidad de carne magra utilizada es baja, el colorante se adiciona con el fin de compensar la falta de color producto de la transformación de la mioglobina. El colorante a utilizar dependerá en gran medida de las expectativas de los consumidores del producto terminado. La Paprika es una oleorresina que no se debe utilizar en embutidos cocidos, ya que crea una coloración artificial naranja. Los colores más utilizados son el carmín y rojo vino tinto o rojo remolacha Cuando se utiliza puro carmín, 40 - 80 mg por kilo de embutido le da un buen color, pero los niveles de exceso dan como resultado un color rojo intenso y poco natural. Los colorantes deben ser añadidos directamente a la masa de embutido al inicio del proceso en el cutter con el fin de garantizar una distribución uniforme.

La legislaciones de algunos países permiten la utilización de la sangre, se puede agregar a embutidos cocidos de forma natural para aumentar o mejorar la coloración, pero se debe tener cuidado de asegurar que el recuento microbiano de la sangre utilizada sea baja.

Diferentes tipos de azúcar se utiliza en la elaboración de embutidos cocidos; alrededor de 5.15 g por kilogramo de masa totales lo normal. Los azúcares agregados acentúan el sabor y también puede ocultar el sabor salado cuando se utilizan concentraciones altas de sal. El sabor de la lactosa va muy bien con el sabor a carne, y los sólidos de jarabe de maíz con un Equivalente Dextrosa entre 15 a 25 se añaden habitualmente a los productos, tales como perros calientes como agente de carga para aumentar el contenido de materia seca del producto.

Las proteínas son frecuentemente añadidos a los embutidos cocidos y grandes cantidades de productos económicos contienen proteína de soya, ya sea aislado o concentrado, contribuyen a la textura, adherencia, firmeza y a emulsionar la grasa con eficacia. La proteína de soja con alto poder Gelificante debe adicionarse al inicio del procesos en el cutter para hidratar el material completo con agua antes de la carne y la grasa. Aquellos de poder gelificante bajo o medio se pueden añadir al mismo tiempo, con la carne y la grasa sin hidratación previa y La cantidad de proteína de soya añadida a embutidos cocidos varía enormemente, están entre del 1% y el 14%. Las altas cantidades de proteína de soya en una salchicha aumentar el pH ligeramente. La proteína de soja se utiliza con frecuencia en embutidos cocidos para compensar el uso de ingredientes más baratos o más grasos. Otro método de reducción del costo del embutido cocido es sustituir parte de la grasa y la carne con una mezcla de aislado de soja y agua en una proporción de 1:3.

El Aislado de la soja contiene alrededor de 90-92% de proteínas y cada 4 kg de carne magra utilizado en una formulación puede ser sustituido por 1 kg de soja aislada y 3 kg de agua. Sin embargo, la sustitución de la carne magra con proteína de soya y el agua afecta a la textura, la firmeza, el sabor y la jugosidad, ya que la proteína de carne contribuye muy positivamente a estos parámetros. El grado de sustitución depende en gran medida del costo deseado en la estructura de embutido cocido a producir.

El Plasma de la sangre congelada es otra proteína utilizada en la producción de embutidos cocidos debido a su excelente CRA, alrededor del 2% es la cantidad máxima que se puede adicionar, y se introduce acompañado del hielo / agua. El Plasma sanguíneo retiene el agua adicionada es aún más eficaz que la proteína de la carne y tiene un pH de alrededor de 7,3 a 7,5, de modo que aumenta el pH de la carne, dando lugar a un aumento de la capacidad de la carne de sí misma para conservar o mantener, su propia agua de los tejidos.

Los productos que contienen el plasma sanguíneo debe alcanzar una temperatura interna de 72 ^{o}C, ya que el plasma forma un gel sólido a tales temperaturas. El plasma de la sangre debe ser tenido en cuenta para el contenido total de agua de una salchicha, ya que contiene agua, y por lo tanto la cantidad de agua o hielo, añadió debe ser ajustada (reducida). El plasma sanguíneo de hoy también se ofrece en una versión concentrada de alrededor de 19-21% de proteínas, lo cual es muy similar a la de carne magra. Se añade a la masa de embutidos en la etapa inicial en el cutter. Tiene una capacidad de hasta diez veces absorver su propio peso en agua y forma un gel sólido. Se utiliza, 6.3 g de plasma sanguíneo por kilogramo de masa total en el inicio del proceso en el cutter.

Las Especias, extractos de especias, hierbas y demás condimentos se agregan de acuerdo con el gusto deseado, hay un número ilimitado de posibles combinaciones de sabores. En general, las especias se añaden de 3-5 g por kilo de embutido, y los sabores, a base de extractos de especias o de oleorresina, se aplican a una tproporcion mas baja. Las especias utilizadas son la nuez moscada, el jengibre, la pimienta blanca, cebolla en polvo, la canela y el ajo, entre otros. especias de color oscuro se evitan porque puede ser vista como pequeñas partículas oscuras en el producto acabado. El humo Líquido o sabor a humo en polvo preferiblemente al final del proceso de emulsificación, porque de lo contrario los ácidos en el humo líquido (fenoles) interfieren con la activación de la proteína. La Carragenina se utiliza regularmente en cantidades de 1.3 g por kilogramo de masa total en las recetas que contienen grandes cantidades de agua y poca carne, debido a su enorme CRA, junto con la capacidad para reducir la perdida de liquido en los productos empacados.

El almidón es muy común en los embutidos cocidos y la cantidad utilizada varía entre 20 y 100 g por kilogramo de masa total. El almidón es utilizado por su capacidad para retener agua y también por su contribución a la firmeza y la textura del producto, especialmente en embutidos con un contenido de carne de baja. El almidón también actúa sinérgicamente con la proteína activa de la carne. El uso de almidón reduce el riesgo de separación de agua en el producto durante el tratamiento térmico y también reduce la cantidad de salida de líquido en rodajas de productos envasados al vacío.

El Lactato se utiliza frecuentemente para extender su vida de conservación, se añade a los embutidos en la etapa inicial del proceso de corte una vez que la sal y toda el agua y el hielo se han añadido. En algunos países, como como los EE.UU., casi todos los embutidos cocidos contienen este aditivo como agente de control microbianol. Una mezcla de lactato y di- acetato controla el crecimiento de *Listeria monocytogenes,* que es de suma importancia en algunos países debido a productos que contienen cantidades significativas de *L. monocytogenes* tienen que ser recogidos.

El Lactato se añade generalmente en torno a 30 g por kilogramo de masa, y 25 g por kilogramo de masa total de la mezcla acetato - lactato. Si el lactato se incluye en la formulacion, debe ser adicionada luego de haber adicionado toda el agua y el hielo requerido por el proceso. La incorporación temprana de lactato aumenta la fuerza iónica y más proteína se activa como resultado de esto. Si se agrega lactato muy tarde en el proceso, el impacto en la mejora de la fuerza iónica se reduce significativamente debido a la grasa, el almidón u otros materiales presentes en la emulsión . Además, el lactato es capaz de inmovilizar e agua entre un 60% de su propio peso, lo que contribuye un poco a una textura más firme del producto terminado.

Los agentes Emulsionantes se usan muy poco en Embutidos cocidos, ya que sólo funcionan con eficacia en emulsiones real, donde la grasa y el agua están presentes en forma líquida, sólo se aplica para embutidos cocidos cuando el aceite es la fuente de grasa utilizada. En todas las demás aplicaciones, los emulsionantes reducen ligeramente el riesgo de separación de la grasa en el producto; se añaden alrededor de 3 g por kilogramo de masa total.

Lección 24: Formación de la emulsión en la Producción de embutidos

El sistema para la fabricación de embutidos cocidos es muy complejo, porque la cantidad de materias primas, aditivos y tipos de maquinaria usada. El resultado final debe ser un grupo homogéneo, finamente cortado y de textura del producto, que puede soportar un tratamiento térmico sin la separación de la grasa o el agua mostrando una textura firme y buena dureza.

La Emulsificación e inmovilización de la grasa y el agua adicionada en un producto cárnico al mismo tiempo es un proceso complicado. El objetivo del productor de embutidos cocidos es el de solubilizar tantas proteínas como sea posible, ya que al solubilizar las proteínas inmoviliza el agua adicionada y emulsiona la grasa al mismo tiempo. La solubilización de proteínas crea una fina capa alrededor de las partículas finamente cortadas de grasa que evita la separación de la grasa durante el tratamiento térmico. El espesor de la capa de proteína que cubre las partículas de grasa determinan en gran medida la estabilidad de la emulsión, y entre más gruesa la capa de las proteínas es mucho mejor.

En las proteínas activadas o solubilizados, la miosina tiene una mayor tendencia a emulsionar la grasa que la actina, lo que muestra una mayor afinidad hacia el agua. Durante el tratamiento térmico, la capa de proteína que rodea las partículas de grasa se desnaturaliza y es la grasa la que se mantiene en la capa de proteínas formando una matriz tridimensional. Esta red de proteínas también evita que las

partículas de grasa se una con otras partículas de grasa. La cantidad de proteína solubilizada depende en primer lugar de la cantidad de proteína presentes en la pasta de embutido; La cantidad de proteína solubilizada también depende en gran medida del tipo de aditivo que se utiliza; aditivos como los fosfatos y la sal juega un papel fundamental. Además, la cantidad de sal agregada se relaciona directamente con la cantidad de proteína solubilizada. La sal aumenta la capacidad iónica y la máxima solubilidad de proteína se produce a una concentración de sal alrededor del 5%, lo cual no es aceptable desde el punto de vista del sabor.

La cantidad de proteína solubilizada también depende de la cantidad de energía introducida durante procesos tales como el cortado y la emulsificación. En el “Cutteado” los términos "sobrecorte" o "corte debil" son frecuentemente discutidos; ellos se refieren al grado de severidad con que la energía es aplicada en la carne para activar las proteínas. Por lo general, un embutido cocido debe ser cutteado durante el tiempo suficiente para que las partículas de grasa no sean visibles en la emulsión y al mismo tiempo garantizar que tanta proteína sea activada como sea posible. Un proceso de corte corto no activa la cantidad óptima de proteínas y solo una delgada capa de proteína activa cubrirá largas partículas de grasa durante el tratamiento térmico. Esto se traduce en un elevado riesgo de obtener la separación de la grasa y de agua durante el tratamiento térmico. El tiempo excesivo de corte produce largas partículas de grasa con un area grande debido a la unión de partículas pequeñas de grasa sin separar, lo que perjudica la emulsificación. En general, partículas de grasa pequeña son más fáciles de emulsionar, pero sólo es necesaria una determinada cantidad de proteína activada para cubrir las partficulas pequeñas formadas.

En una emulsión, varias interacciones tienen lugar. Las principales son proteínas – agua; proteínas-grasas y las interacciones proteína-proteína. Generalmente tres diferentes sistemas son usados para producir la emulsificación de los embutidos cocidos, la cual se lleva a cabo en el cutter o picadora, a continuación se describen cada uno de ellos:

Cutter o Picadoras – Emulsionadoras de Plato

La Emulsificacion en picadora o cutter de Emulsionantes con un cortador *de tazón* Trabajar con un cutter de plato, o la combinación de un cortador y un tazón y un emulsionante, se basa en la producción en batch y es un proceso no continuo. El cutter de Plato es una máquina donde el corte se lleva a cabo en forma circular, curvo y girando lentamente el tazón. La masa de carne y grasa gira en sentido contrario hacia un conjunto de cuchillas que rotan rápidamente. Si no hay suficiente proteína en

el lote, existe un mayor riesgo de separación de la grasa y el agua y la firmeza de la salchicha será pobre.

Hay tres métodos diferentes para trabajar con un Cutter de platón:

Método de carne magra. El correcto u óptimo tiempo de proceso de corte para crear la emulsión más estable sigue siendo muy debatido entre los expertos. El tiempo óptimo de corte debe ser lo más corto posible con el fin de ahorrar energía y ser lo suficientemente largo como para asegurar la activación de la proteína. El procedimiento de corte total en un tazón se puede dividir en dos fases.

La primera fase comienza cuando los aditivos funcionales y agua (o hielo) se añade a la carne y la grasa. Durante este corte inicial, la temperatura de la masa de embutido debe estar entre -1 y 3 ^{O}C y su viscosidad es baja. La mayoría de las proteínas activadas durante esta fase se activan mediante el corte de las células musculares, la destrucción de grandes cantidades de sarcolema y mezcla de Aditivos tales como fosfatos, la sal, junto con adición de agua (hielo) lo que comenzará a solubilizar la actina y miosina para convertir estas proteínas fibrosas en un material licuado.

Después de un período de corte y de solubilización, la viscosidad de la masa del embutido aumenta y cuando la temperatura se eleva a 6.4 ^{o}C, las fuerzas de cizallamiento entran cada vez más en juego. Esto explica como una emulsión estable se pueden obtener utilizando cuchillos bastante contundentes. Cuchillos sin filo pueden crear grandes fuerzas de cizallamiento, solubilizar grandes cantidades de proteína. Sin embargo, el trabajo con cuchillos afilados es mejor porque la proteína también se activa con eficacia durante la fase inicial de la corte. El recipiente debe cargarse por lo menos con el 50% de su capacidad con el fin de crear fuerzas de corte suficiente durante la segunda fase de la emulsión. Si el llenado es superior, será más eficientes las fuerzas de cizallamiento aplicadas, el tazón o platón del cutter puede llenarse con el 90% de su capacidad.

Todo en el método. Como su nombre lo indica, este método se inicia con toda la carne y la materia grasa en el plato de corte, El corte comienza lento para velocidades medias, alrededor de 1000 - 1500 rev / min. Una vez que el corte se ha iniciado, todos los aditivos funcionales (fosfatos, sal, aglutinantes y almidón) se añaden, por lo general en forma de mezcla completa. Inmediatamente después, el agua y el hielo poco a poco se van adicionando. Agua, y / o hielo, No se debe añadir antes de los aditivos debido a que los aditivos debe entrar en contacto con la proteína en la mayor concentración posible.

Si grandes cantidades de agua y el hielo son parte de la formulacion, el agua y el hielo se agrega poco a poco para evitar que la carne llegue a ser de difícil manejo, lo que requieren más tiempo de

corte para crear cierto grado de viscosidad. Por lo general, alrededor de 70% del total de agua y el hielo se agrega primero y después de un corto tiempo, cuando se está bien incorporado en la masa, el 30% restante se añade.

Materiales de carne y grasa cortadas por un corto tiempo con todos los aditivos de este corte en seco, destruye una gran cantidad de sarcolema. El agua y el hielo se añaden una vez la masa sea pegajosa y pastosa, para que se enfríe aproximadamente a -1 o -2 ^{o}C., el Corte en seco puede causar un rápido aumento de la temperatura; por lo que este debe ser monitoreado cuidadosamente.

En el caso de que la temperatura de la masa del embutido sea demasiado baja, es decir, cuando el agua y el hielo, especialmente se agregan en exceso, la masa de embutido se corta a un ritmo lento a la velocidad media hasta que la temperatura se eleva a aproximadamente entre -2 y ^{o}C. Si atemperatura está muy por debajo de -2 ^{o}C durante la primera etapa de corte, se necesita un tiempo para elevar la temperatura al rango óptimo y la grasa se corta por demasiado tiempo. Esto se traduce en una gran superficie de grasa, lo que reduce la estabilidad de la emulsión y los resultados también en un producto de textura suave. Por lo general, los fabricantes que utilizan este método estan muy familiarizados con el tipo así como la temperatura de los materiales en proceso y el sistema diseñado de modo que el rango de temperatura óptima durante la etapa inicial de corte se obtiene consistentemente.

Método de Grasa. El método de Grasa se inicia con la adicion al cutter del 85- 95% de tejido muscular, el cual se corta a una velocidad media para empezar. La carne magra puede estar bien refrigerada, congelados o ser incluso ligeramente congelado (en copos o molido). Si la carne refrigerada se utiliza entre una temperatura de 0 - 4 ^{o}C es óptima. Los Ingredientes funcionales, como los fosfatos y las proteínas (o un gel de proteínas), se añade a la mezcla y se pica hasta que la masa alcanza una consistencia pegajosa. Durante este período de corte en seco, una buena cantidad de proteína se activa debido a las fuerzas de corte alto.

Este Corte en seco no se puede continuar por mucho tiempo ya que la temperatura se eleva rápidamente y las proteínas se desnaturalizan. Una vez se alcanza una consistencia pegajosa que y la temperatura de la pasta sea inferior a 10-12 ^{O}C, se adiciona alrededor del 60-70% del total de agua (en forma de hielo o una mezcla de hielo y agua). La sal se añade inmediatamente después y este reduce la temperatura de entre -2 y 2 ^{o}C. La velocidad del cuchillo se incrementa, se continua con el corte hasta alcanzar una temperatura de 4 ^{o}C y se adiciona el resto de hielo o agua y se introduce la grasa

en trozos pequeños congelados para que la máxima cantidad de proteína se solubilice por la sal y fosfatos.

Un tiempo bastante largo de corte es necesario para alcanzar la temperatura final, por lo que la grasa se emulsiona lo suficiente como para asegurarse de que partículas de grasa no sean visibles en el producto terminado. Una vez que la grasa se añade a la emulsión de carne magra se reduce la velocidad de cutteado hasta la temperatura final se alcanza, en general, entre 10 y 14 ^{o}C. Los aglutinantes se añaden generalmente a la emulsión en una fase posterior en torno a los 8 ^{o}C con el fin de no interferir con la absorción de agua y activación de la proteína, como se describió anteriormente. Potenciadores de color y las especias también pueden ser agregados anteriormente.

Lección 25: El Ahumado, la cocción y enfriado de Productos cárnicos emulsificados.

El ahumado tiene un profundo impacto en el color, sabor, apariencia, sabor vida útil, y morder en la final producto. Este paso es muy importante cuando se utilizan grandes cámaras de ahumado, ya que toma un tiempo considerable para llenar una gran sala con los carros de ahumado. La humedad de los productos introducidos en los carros de humo que se pusieron en la cámara tienen la mayoría de veces diferentes niveles de humedad. Si el ahumado comienza de inmediato, las diferencias en la humedad de la superficie en los productos da como resultado un color desigual e irregular. Para evitar esto, cuando la cámara está llena, los productos se riegan durante 1-2 minutos para que todos tomen el mismo nivel de humedad en la superficie antes de comenzar el ahumado.

Otra forma de evitar lo anterior, es el de regular la temperatura a 50 a 55 ^{o}C y una humedad relativa alta, alrededor del 90%. Durante este período, las altas temperaturas y altos niveles de velocidad de la humedad forman color de curado, La duración del ciclo depende de la intensidad de color requerido en el producto terminado. El tiempo de ahumado para embutidos de fundas artificiales de 32-40 mm, es alrededor de 30 minutos, mientras que para las fundas naturales de diámetro, 20-22 mm, es alrededor de 15–20 min.

Luego se procede al Secado, este comúnmente se lleva a cabo alrededor de 60-65 ^{O}C y a una humedad relativa entre 20% y 40%, hasta que la superficie del producto que se ahumó este seco a la medida que no se sienta humedad sobre la superficie. Una regla de oro es que, una vez se completa el secado, se forma una cubierta natural que se siente como la piel humana: elástico, suave y ligeramente húmeda. El efecto de secado está estrechamente relacionada con la velocidad del aire, las condiciones

de flujo de aire deben ser la misma en toda la cámara para asegurarse de que los productos se sequen de manera uniforme, la cámara de ahumado no deben llenarse en exceso ya que puede afectar el flujo de aire.

El siguiente paso es el ahumado, tiene lugar entre 60-70 ^{o}C y una humedad relativa entre 40-60%. El nivel de humedad durante el ahumado varía en función del color deseado. Como regla general, el ahumado empieza cuando el color de curado está totalmente desarrollado, porque algunas de las sustancias presentes en el humo, como los fenoles y otros ácidos orgánicos, tienen un efecto negativo en el desarrollo del color de curado.

Los productos ahumados son generalmente cocidos al vapor. Es importante tener suficiente circulación de aire o convección en la cámara de cocción cuando se cocina al vapor. Cocinar en baño de agua o baño de Maria es más eficaz que cocer al vapor, el agua caliente representa una humedad relativa del 100%; el vapor de agua nunca llega al mismo nivel de humedad relativa. En teoría, todos los productos ahumados se pueden cocinar en baño de maria, pero se debe tener en cuenta el manejo que se requiere para colocar la mayoría productos colgados ahumado en el baño de agua, y luego para eliminarlos posteriormente. Los Productos colgados que se cuecen al vapor permanecen colgados durante todas las etapas de procesamiento y no requiere la doble manipulación.

Durante la cocción, la capa de proteína activa, que contiene añadido agua y que cubre los glóbulos de grasa, se desnaturaliza. Esto inmoviliza el agua en la capa de proteína y estabiliza los glóbulos de grasa en una matriz tridimensional. La Cocción se realiza a temperaturas entre 74 – 80 ^{o}C. Temperaturas por debajo de este rango prolongar significativamente el tiempo hasta llegar al punto mas frio del producto. Las Temperaturas superiores a 80 ^{o}C aumentan significativamente el riesgo de separación de la grasa y el agua. Una temperatura central entre 70 - 72 ^{O}C es la ideal. Esta temperatura no sólo es beneficioso desde un punto de vista microbiológico, sino también estabiliza el color curado en su totalidad.

Salchichas de pequeño diámetro suelen cocinarse a vapor de agua entre 76-78 ^{O}C por alrededor de 20 min; productos más grandes se cuecen al vapor durante más tiempo, hasta alcanzar una temperatura interna de 70 - 72 ^{O}C. Una vez alcanzada la temperatura y tiempo de sostenimiento en el punto frio del producto o el valor de *F*, los productos son enfriados. Los Embutidos de tripa natural son generalmente sometidos a una lluvia de agua fría por alrededor de 15-30 minutos, dependiendo del diámetro. El agua debe estar fría; la vida útil de los embutidos de tripa natural puede ser mejorada mediante el uso de una solución a base de agua y de 3.2% de vinagre y sal 8.7%. Esta solución se

aplica por alrededor de 2-4 minutos en el final del período de la ducha y reduce el recuento de bacterias de la superficie ya que el ácido acético (del vinagre) y la sal son inhibidores del crecimiento. El nivel de vinagre y la sal en la ducha solución se calcula de manera que no afecta el sabor del producto.

Todas las salchichas deben enfriarse rápidamente a una temperatura interna por debajo de 10 ^{O}C; luego, las salchichas se enfrían rápidamente, por lo general en un equipo de congelación rápida, a una temperatura por debajo de 4 ^{O}C para evitar el crecimiento bacteriano.

CAPÍTULO 6: BIOQUÍMICA DE PRODUCTOS CÁRNICOS FERMENTADOS

Introducción

La fermentación es una técnica milenaria utilizada para la conservación de un sin numero de materias primas alimentarias, la carne no es la excepción; en este capitulo se ofrece al estudiante los conceptos básicos para enfrentar la aplicación de la fermentación a la producción de productos cárnicos; en él se tratan la Influencia de las Materias Primas en los Productos cárnicos fermentados; los Microrganismos Utilizados en la Producción de Embutidos Fermentados; la Proteólisis en Jamón curado; Lipólisis en el jamón curado; la Glucolisis, Generación de aminas biógenas y la Transformación de nucleótidos y nucleósidos.

Lección 26: Influencia de las Materias Primas en los Productos cárnicos fermentados

La producción de embutidos crudos y fermentados se remonta cientos de años**,** ya que rápidamente se descubrió que productos cárnicos no perecederos podrían ser producidos por la adición de sal a la carne y posteriormente secar el producto. La fermentación de los alimentos ha llevado a cabo desde hace miles de años. Anteriormente, se sabía muy poco acerca de parámetros como el pH y la actividad de agua, pero se fabricaban productos seguros basándose en los conocimientos empíricos. Incluso hoy en día, con toda la ayuda de la tecnología moderna la experiencia práctica siguen siendo muy utilizada.

Un embutido fermentado y curado es un producto de carne picada que consiste en carne y grasa, que se vende cruda, o en estado de no tratamiento térmico; la producción de embutidos fermentados se describe a veces como un deterioro controlado (es decir, acidificación y secado) de la carne. Ejemplo de ello es el salami, el cual es considerado como un producto no sano debido a que el nivel de grasa es

muy alta al igual que el nivel de sal lo que produce un alto nivel de sodio en el producto terminado. También, a diferencia de la mayoría de los productos cárnicos embutidos es uno de los productos cárnicos donde muy poco se añade agua durante el proceso de fabricación. De hecho, ocurre lo contrario, se elimina el agua para optimizar la firmeza, la vida útil, loncheado y sabor.

En algunas partes del mundo tales como Italia, España, Austria y Hungría, la producción de salami parece ser un proceso muy simple, pero en la producción existen operaciones que le confieren características de buen sabor del producto, el cual se basa en amplios conocimientos y experiencia adquirida a lo largo de cientos de años. De hecho, la fabricación de embutidos a menudo se presenta como un arte. Tener el equipo adecuado también juega un papel importante en la producción de embutidos, porque los cambios vitales dentro del salami durante la fermentación y el secado son controlados por parámetros externos como la temperatura, la humedad y la velocidad del aire.

Los Embutidos fermentados son generalmente productos muy estables y si se siguen ciertos parámetros durante su fabricación tradicional se pueden hacer de una manera segura. El objetivo final al hacer salami es obtener un producto con un color fuerte y curado estable, loncheado y excelente coherencia al rebanar, sabor típico y sobre todo, la estabilidad microbiológica.

La fabricación de embutidos fermentados es muy complejo ya que es necesario controlar variables como la $A_{w,}$ el valor del pH, humedad relativa, la capacidad tampón de las proteínas, la presencia de nitritos y nitratos y la pérdida en el cambio de peso durante la fermentación tienen un efecto sobre el color, sabor, aroma y textura del producto final al igual, Como se mencionó anteriormente, la temperatura, la humedad relativa en la sala de fermentación, la velocidad del aire, el tiempo de maduración, la aplicación o no aplicación de humo y / o la adición de microorganismos también juegan un papel importante.

Básicamente cualquier tipo de carne magra se puede utilizar para la producción de embutidos y algunas carnes exóticas como el venado, búfalo y canguro específicamente se han utilizado para la producción de embutidos fermentados. El Salami se produce ya sea de tejido muscular magro y la grasa o una combinación de tejido muscular, recortes de carne grasa y ácidos grasos. No hay ninguna desventaja en el uso de recortes de grasa, siempre y cuando el nivel deseado de grasa en el producto final sea el formulado. En la producción de pequeñas cantidades de embutidos se utilizan carne refrigerada para regular la temperatura de la masa de embutidos en general. La carne refrigerada debe

almacenarse a temperaturas por debajo de 4 ^{O}C ya que las temperaturas por debajo de este nivel no permiten que las bacterias *Staphylococcus aureus* o *Salmonella* spp., Dos de los patógenos más importantes de embutidos crudos fermentados, puedan crecer. La carne utilizada para la producción de salami no debe contener glándulas, nervios o coágulos de sangre. Las Glándulas comúnmente exhiben un alto número de bacterias que pueden interferir con la fermentación y la formación de coágulos de sangre también son muy susceptibles al deterioro, ya que suelen tener un recuento bacteriano alto. Tendones deben ser quitados porque el salami fermentado nunca se expone a un tratamiento térmico y los nervios presentes en el producto serán indeseables en el producto terminado.

Los valores altos de pH en la carne no son beneficiosos para el desarrollo del color de curado en el producto acabado. La carne PSE no tiene ningún inconveniente en la producción de embutidos fermentados más bien es de ayuda a la pérdida de peso durante el secado. Sin embargo, La grasa es adicionada en un 25-35%, el secado, un proceso en el cual el agua es retirado de la carne magra, el nivel de grasa en el salami completamente seco se eleva al 40-50%, dependiendo del grado de pérdida de secado, así como el nivel de grasa introducida inicialmente. Recortes de grasa, o muy grasos, se procesan en un estado de congelación, Diferentes niveles de grasa en la masa de salami influyen en el valor de pH ya que la grasa tiene un valor de pH más alto que el tejido muscular. Los altos niveles de grasa aumentan el valor del pH de la masa de embutidos ligeramente, pero no sirven de nada, o son de muy poca importancia durante la fermentación. El impacto de los altos niveles de grasa en la A_w es mucho mayor ya que la grasa contiene sólo alrededor del 15% de agua, mientras que la carne magra contiene alrededor del 75% de agua.

La grasa no debe ser utilizada en estado rancio debido a que el largo periodo prolongado de fermentación y el secado posterior aumenta el nivel de la rancidez exponencialmente. El tipo de alimento dado a los cerdos tiene un gran impacto en la composición de los ácidos grasos presentes en la grasa, finalmente. La alimentación de los resultados de sustancias oleosas en la grasa que demuestra los altos niveles de ácidos grasos insaturados, así ablandando la materia grasa. Los niveles elevados de ácidos grasos insaturados también acelerar la rancidez.

En el salami, la sal se aplica por varias razones. En primer lugar, la sal es el primer obstáculo contra el crecimiento de bacterias y se aplica a niveles de entre 25 a 30 g por kilogramo de masa de embutidos. Los niveles de sal por debajo de 25 g por kilogramo de salami no se recomiendan como

niveles por encima de 25 g por kilogramo de salami son mucho más eficaces en la inhibición de la proliferación de bacterias mediante la reducción de la A_w dentro de la masa de embutidos. Niveles de inclusión por debajo de 25 g por kilogramo de salami son insuficientes para el desarrollo de una barrera efectiva contra el crecimiento de bacterias. La adición de sal a los niveles recomendados disminuye la inicial A_w dentro de la masa de alrededor de 0.96-0.97 salami. En segundo lugar, la sal es un potenciador del sabor y los productos cárnicos no tienen buen gusto sin sal. En tercer lugar, la sal ayuda a la activación de la proteína que es necesaria para obtener la coherencia en el producto terminado

Los niveles de inclusión de nitrito entre 150-500 ppm por kilogramo de salchichas crudas sin fermentar son permitidos. Alrededor de 130 ppm de nitrito por kilo de masa salchichas suprime el crecimiento de enterobacterias, como *Salmonella* spp. y otras bacterias Gram-negativas. El Nitrito juega un papel importante en el control de la proliferación de bacterias en la fabricación de embutidos, sobre todo en embutidos fermentados rápido, cuando la temperatura se eleva a entre 26 y 30 ^{O}C durante la fermentación. El efecto de los nitritos como un obstáculo contra el deterioro microbiológico es mucho mayor en el salami que en otros productos cárnicos como el jamón cocido o salchichas cocidas. Esto se debe a que el nitrito es más eficaz en valores bajos de pH y la acidificación se produce durante la fermentación de salami. En los productos cárnicos como el jamón cocido y embutido cocido, el valor del pH se eleva debido a la adición de fosfatos alcalinos y el nitrito no es tan eficaz.

Cuando aditivos tales como Gluco Delta Lactona – GDL, o ácido ascórbico están presentes, es imposible de detectar cantidades significativas de nitritos añadidos sólo unas pocas horas después de la producción; pequeñas cantidades de nitrosaminas y aminas secundarias y terciarias se forma de nitrito en las condiciones ligeramente ácidas que existen dentro del salami como consecuencia de la acidificación del producto. El nitrito es también el principal agente para el desarrollo del color curado deseado en un salami y también contribuye al sabor de curado. Finalmente, el nitrito también actúa como un antioxidante. El efecto antioxidante de nitrito proviene de la oxidación de los nitritos en nitratos.

Los antioxidantes utilizados en el salami son el ácido ascórbico, ascorbato, tocoferol y eritorbato; Igualmente, Los fenoles actúan como antioxidantes mediante la absorción de los radicales libres en su estructura en forma de anillo mediante la donación de H^+ a los radicales fenoles para su reducción al fenol. Los Tocoferoles en los productos cárnicos curados son capaces de reducir el número de

nitrosaminas formado y, como el tocoferol es soluble en grasa, es un excelente antioxidante en embutidos fermentados lentos con el fin de retrasar la rancidez.

El ácido ascórbico y el ascorbato (eritorbato) también actúan como potenciadores de color y se introducen en 0,5-0,7 g por kilogramo de masa de embutidos. Los niveles excesivos de ácido ascórbico y el ascorbato puede favorecer el crecimiento de bacterias no deseadas. Una cantidad ligeramente mayor de ascorbato que de ácido ascórbico tiene que ser añadido para cumplir la misma función como un potenciador del color. En la fabricación de embutidos fermentados hoy en día, el ácido ascórbico se usa comúnmente en productos de muy rápida fermentación. En la mayoría de los casos, sin embargo, el ascorbato o eritorbato, se aplica para estabilizar el color de curado durante el largo período de tiempo de secado del producto. Cuando el ácido ascórbico se utiliza. El ácido ascórbico, si se utiliza, se debe agregar al comienzo de la masa de embutidos. Sal y nitritos se añaden comúnmente de manera uniforme al final del proceso de picado o mezcla.

Lección 27. Microorganismos Utilizados en la Producción de Embutidos Fermentados

Las Fábricas de salami muy a menudo desarrollan una microbiota propia o monocultivo específico de la fábrica para el proceso de producción, sin embargo, la fermentación no es confiable y consistente. Por lo tanto, desde hace muchos años, los embutidos fermentados son inoculados con una mezcla concentrada y seleccionadas de bacterias o cultivos iniciadores para comenzar la fermentación. El uso de cultivos iniciadores aseguran el tipo adecuado de bacterias en la cantidad requerida adicionad a la masa del embutido para asegurar la fermentación eficiente y segura. El número de Microorganismos en iniciadores en la masa i tiene que ser por lo menos 10^7 por gramo de masa, este valor muestra claramente que el salami crudo fermentado es un material vivo con millones de bacterias presentes en cada gramo de producto. Los Cultivos iniciadores no deben ser perjudiciales para la salud humana, deben ser tolerantes frente a los altos niveles de sal, así como nitritos y deben trabajar a bajas temperaturas, la masa de salami tiene una temperatura de alrededor de 0 ^{O}C después de ser llenado en la funda respectiva.

Los Cultivos iniciadores se venden congelados, liofilizados o en forma líquida y la mayoría son no proteolíticas y no lipolíticas. Los Cultivos iniciadores se introducen en la masa de embutido al comienzo del proceso de picado o “cutteado”, deben ser bien mezclados y distribuidos de manera uniforme para

obtener acidificación uniforme características homogéneas en el producto final y evitar productos defectuosos.

Los miembros de los géneros *Lactobacillus, Staphylococcus, Pediococcus* y *Micrococcus* son importantes en cultivos iniciadores. Microorganismos pertenecientes a la familia Lactobacillaceae son los más importantes en cultivos iniciadores en general, y bacterias como *Lactobacillus plantarum, Lb. casei, Lb. acidophilus, Lb. brevis, Lb. bien, Lb. curvatus, Lb. lactis* y *Lb. Fermenti* se utilizan a menudo. Por lo general, *Lb. plantarum, Lb. bien, Lb. lactis* y *Lb. curvatus* se utilizan en el salami. Las Bacterias ácido lácticas se adicionan a niveles de 10^{6} -10^{7} por gramo de salami y se prefieren las especies homofermentativas. *Lb. plantarum* fermenta una amplia gama de *azúcares. Lb. curvatus* fermenta principalmente sacarosa y lactosa. *Lb. plantarum* no forma de gas de la glucosa ni reduce el nitrato a nitrito.

Algunas cepas de *Lb. sake* y *Lb. curvatus* producen H_2O_2 en presencia de oxígeno ($O_{2)}$. Las Bacterias ácido lácticas en cultivos iniciadores deben ser preferentemente homofermentativas (homolácticas) y debe fermentar azúcares diferentes predominantemente (preferiblemente a un nivel de más del 90%) en ácido láctico. Los *Lactobacillus* spp heterofermentativos por el contrario, sólo fermentan parcialmente los azúcares en ácido láctico, pero además, forman ácido acético, etanol, CO_2 y H_2O_2, son sustancias que no son deseables debido a que los gases como el CO_2 forman los poros se en el producto final o burbujas de vacío por el gas. La temperatura más eficiente a la que *Lb. plantarum* fermenta azúcares es de alrededor de 35 ^{O}C.

Otras bacterias ácido lácticas se utilizan ampliamente en la producción de embutidos son miembros del género *Pediococcus.* Las especies más comunes son *Pediococcus acidilactici, P. pentosaceus* y *P. cerevisiae. P. acidilactici* fermenta los azúcares más rápidamente a temperaturas alrededor de 40 ^{O}C. *P. acidilactici* forma ácido láctico a partir de la glucosa, galactosa, arabinosa y xilosa. *Pediococcus* spp. generalmente se añaden a niveles de 10^{5} -10^{6} por gramo de embutido. Los *Pediococcus* spp. Presentes en la masa de salami mueren poco después de que el producto se acidifica, mientras que *Lactobacillus* spp. Pueden seguir con vida. *Pediococcus* spp. contribuyen más significativamente a un mejor sabor del salami. Los miembros de la familia Micrococcaceae tales como *Estafilococos Carnoso, Staph. xylosus* y *Micrococcus varians* (ahora conocido como *Kokuria varians), M. Cándido* y *M. aquatilis* se agregan como cultivos iniciadores también. La mayoría de los

Staphylococcus spp. y *Micrococcus* spp. no producen ácido. Casi todas las especies de *Micrococcus son* bacterias aerobias estrictas y son débilmente activos durante la fermentación en el nucleo del embutido por lo que no pueden actuar con eficacia en el núcleo de un salami ya que no hay suficiente oxígeno disponible o ninguno en absoluto.

Los *Staphylococcus* spp. son aeróbicos, así como anaeróbicos y son activos en el núcleo de un salami. Debido a esto, *Micrococcus* spp. son más a menudo adicionados en combinación con *Staphylococcus* spp. *Micrococcus* spp. También producen la enzima catalasa y son catalasa positivos, contribuyen a la formación del color, así como el aroma del producto y protegen el producto contra el $O_{2.}$ Micrococcaceae se añaden 10^6 -10^7 por gramo de embutido. La enzima catalasa descompone el H_2O_2 en agua y O_2 y por lo tanto neutraliza este material altamente reactivo.

Las Levaduras y mohos son hongos aerobios y sólo pueden existir en la superficie del salami. Ambos, Levaduras y hongos (mohos nobles), se introducen en la superficie de salami a través de la inoculación. Ellos son rociados al producto o el producto se sumerge en una solución que contiene alrededor de 10^6/ ml del molde o la levadura. En cuanto a la aplicación de los hongos, los miembros del género *Penicillium* son frecuentementes utilizados como por ejemplo, *nalgiovense Penicillium.* En cuanto a las levaduras utilizadas, los miembros del género *Debaryomyces* se aplica en ocasiones y *Debaryomyces hansenii* es comúnmente la opción preferida. *Candida famata* es otra levadura añadido a salami. Los miembros de estas familias son elegidas ya que son tolerantes a la sal, pero no reducen el nitrato a nitrito. Las Levaduras requieren O_2 para el crecimiento y sólo crecen en la superficie de un salami; Incluso el tratamiento leve con humo mata las de levaduras presentes por no tolerar ciertos componentes como los fenoles y los ácidos orgánicos. Las Levaduras y hongos en el salami protegen contra la influencia de O_2 y estabilizan el color. La exposición de la superficie a menos O_2 y luz también frenan el desarrollo de la rancidez. Por último, la formación de un anillo seco, o endurecimiento, evitan la formación en la superficie de un exceso de secado.

Hongos como *Penicillium* spp. Originan en la superficie un moho blanco o gris blanco. En general, los conidios en el salami no deben ser verde, negro o de color amarillo. Los hongos en la superficie del salami protegen al interior del producto contra el O_2 y por lo tanto estabilizan el color de curado en el interior del salami; también contribuyen al desarrollo del sabor típico del salami, ya que contiene proteasas y lipasas que degradan las proteínas y las grasas en componentes como aminoácidos y

ácidos grasos. Además, la presencia de la capa de moho en la superficie también frena el desarrollo de la rancidez, ya que protege el salami de los efectos del O_2, como se mencionó anteriormente, y la luz también. La capa de moho también se ralentiza la pérdida de peso durante el secado del producto y minimiza el riesgo de obtener un anillo seco (endurecimiento).

La causa principal para el crecimiento de moho no deseado es tener una humedad relativa alta para un período demasiado largo de tiempo en la etapa inicial de la fermentación y / o la aplicación de humo demasiado tarde en el proceso de producción. Si estas condiciones se dan, generalmente, el moho comienza a crecer en el salami después de alrededor de 3-4 días durante la etapa inicial de la fermentación. El flujo de aire tiene un impacto en el crecimiento de moho, así, si el flujo de aire es demasiado lento, aumenta el crecimiento del moho. Además de ser poco atractivo para el ojo humano y que produce un mal olor, muy pocas especies de hongos no deseados producen micotoxinas diferentes, que penetran en el producto. Por lo tanto, la eliminación de moho no deseado de la superficie de los embutidos sólo elimina la parte visible de moho: la micotoxina sigue presente en el interior del salami.

Las dos formas principales de prevenir la formación de moho no deseado es aplicar natamicina o sorbato de potasio al salami. Sin embargo, lo mejor es evitar el crecimiento de moho no deseado durante las etapas iniciales de la fermentación primero que todo y el control de la humedad relativa durante todas las etapas de fermentación, el secado y la aplicación de humo en el momento correcto. El crecimiento de moho no deseado puede ser combatido con éxito con el uso de natamicina, un antifúngico producido por *Streptomyces natalensis.* Natamicina forma un complejo con los esteroides encontrados en mohos y levaduras y destruye la membrana celular. Como resultado, las membranas de células permeables permiten que cationes y otros iones penetren en la célula del hongo, lo que produce su caída del pH rápidamente y en última instancia la célula muere.

Una ventaja importante de la natamicina, en comparación con el sorbato de potasio, es que no penetra en la masa del embutido y por lo tanto no tiene ningún impacto en el desarrollo de la fermentación, color o sabor, sobre todo en las capas externas del producto. Los esteroides no están presentes en las bacterias lo que significa que la natamicina no tiene ningún impacto sobre las bacterias presentes en el salami. No tiene ningún impacto en los cultivos de partida agregado y el proceso de fermentación no se ve afectada de ninguna manera. Hay unos pocos productos en el mercado que

contiene la natamicina. En la mayoría de los casos, 5.7 g de un producto comercial se mezclan con 1 l de agua caliente, bien agitada y luego se deja reposar durante unos 30 min. Durante este tiempo la mezcla se espesa ligeramente. Alrededor de 8-10% de la sal se añaden después y esta mezcla final puede ser rociada sobre el salami o sumergir el embutido fresco lleno en esta mezcla de baja viscosidad. La experiencia demuestra que la natamicina mucho más efectivo que el sorbato de potasio. Otra opción para evitar el crecimiento de moho no deseado es la aplicación de sorbato de potasio.

El salami embutido puede ser sumergido inmediatamente después de relleno en una solución de sorbato de potasio de 10-15% o se rocía con esta solución de 1-2 días después que la fermentación se ha iniciado. Por lo general, se sumerge en la solución durante unos segundos Por otra parte, la cubierta utilizada pueden ser remojados en agua que contiene sorbato antes de ser llenado. Varias normas de alimentos en el mundo tienen un nivel máximo establecido de sorbato residual dentro de las capas externas de embutidos crudos fermentados, y la fuerza y duración de la solución de inmersión, así como el propio proceso de inmersión tiene que ser ajustado de acuerdo con los niveles máximos del producto terminado. La desventaja de usar el sorbato es que penetra en las capas externas de los embutidos y puede interferir con la fermentación y causar decoloración.

Lección 28: Proteólisis en Jamón Curado.

La Proteólisis constituye uno de los grupos más importantes de reacciones bioquímicas en la generación de los precursores del sabor y / o sabor durante la elaboración de jamón curado. La Proteólisis en el jamón curado se atribuye principalmente a los sistemas enzimáticos endógenos, a los recuentos bajos de microorganismos, a los bajos niveles de actividad enzimática microbiana y las difíciles condiciones para el crecimiento microbiano. El pH, la sal, la concentración y el bajo contenido de humedad parece ser factores limitantes para el crecimiento bacteriano. La Proteólisis tiene un alto impacto en la calidad de jamón curado debido a varias razones: la contribución directa a la textura por la descomposición de las proteínas miofibrilares responsable de la red muscular; la generación de péptidos y aminoácidos libres con influencia directa sobre el sabor y la generación de los precursores del sabor tales como aminoácidos libre que actúan como sustratos de las reacciones que contribuyen al sabor. En general, los cambios proteolíticos más importantes se han observado en jamones con tiempo de procesamiento más largos y menos contenido de sal. La mayoría de las investigaciones e informes

recientes se han centrado en el músculo los sistemas enzimáticos como una forma eficaz para entender el proceso y el control a optimizar la calidad final.

Acción de las proteasas del músculo. El progreso de la proteólisis en jamón curado puede variar dependiendo del tipo de producto, la cantidad de enzimas proteolíticas endógenas y las condiciones específicas del proceso. En general, la proteólisis tiene las siguientes etapas (Fig. 6.1): una ruptura inicial de las principales proteínas miofibrilares como calpainas y catepsinas y la formación de fragmentos de proteínas y polipéptidos de tamaño intermedio resultante de la hidrólisis, la degradación ulterior de estos polipéptidos a pequeños péptidos por di-y tripeptidylpeptidases y la última generación de aminoácidos libres como resultado de la acción de dipeptidasas, aminopeptidasas y carboxipeptidasas.

Proteinasas musculares. El músculo principal proteinasas (endopeptidasas) son catepsinas y calpainas. Catepsinas B, D, H y L se activan a valores de pH ácido, se encuentra en el lisosoma y de tamaño pequeño, en el rango de 20-40 kDa. Las Catepsinas B, H y L, que son las proteasas cisteína, se activan a través de todo el proceso de secado curado y muestran una buena estabilidad ya que un 5-10% de la actividad residual se encuentra generalmente incluso después de 15 meses de proceso. La Catepsina D, una proteinasa aspártica, permanece activa hasta seis meses de tratamiento. En ensayos in vitro han demostrado la capacidad de las catepsinas para degradar diferentes proteínas miofibrilares, tales como la titina, las cadenas pesadas de miosina, actina, la tropomiosina y las troponinas T e I por catepsinas D y L y actina y miosina por la catepsina B Por otro lado, la catepsina H posee propiedades que muestra actividad tanto endo y aminopeptidasa.

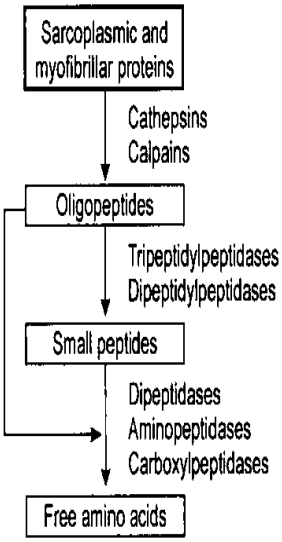


Figura 10. Esquema general de las etapas de la proteolisis durante el proceso de jamon curado

Las calpainas I y II y la cisteína endopedpeptidasa se encuentran en el citosoly en la región del disco Z, tienen una actividad óptima a pH neutro, en torno a 7,5, Los requieren 50-70 µM de $Ca2^{+}$ y 1-5 mM de $Ca2^{+}$, respectivamente, para su activación. Las Calpainas son capaces de degradar la titina, nebulina, proteína C y T, troponina I, tropomiosina, filamina, desmina y vinculina; pero no pueden degradan miosina, actina, α-actinina y la troponina C; más bien la estabilidad de calpainas es pobres, ya que su actividad se pierde en 10-14 días, después de la fase de salazón.

Exopeptidasas musculares. Estas enzimas están involucradas en las últimas etapas de degradación proteolytica. Tri y dipeptidylpeptidases (TPP y DPP, respectivamente) generan tri-y dipéptidos, respectivamente, desde los enlaces N-terminal de las proteínas y polipéptidos. TPP I, DPP I y DPP II se encuentran en los lisosomas y tienen un pH ácido óptimo. TPP II y DPPIII se encuentran en el citosol y DPP IV está ligada a las membranas. Estas enzimas tienen un pH óptimo amplio en el neutral – básico y son muy estables, se activan incluso después de 15 meses de proceso, 8 meses para DPP II. Arginil (RAP), leucil (LAP), alanina (AAP), metionil (MAP) y aminopeptidasas piroglutamil (PGAP) se encuentran en el citosol, se activan a pH neutro (RAP y AAP) o básico (LAP y PGAP) y son capaz de generar aminoácidos libres de la N-terminal de proteínas y péptidos. Alanil y metionil aminopeptidasas tienen una amplia especificidad de sustrato, mientras que las aminopeptidasa arginil (o B-aminopeptidasa) se activa con la presencia de cloruros e hidroliza aminoácidos básicos. Leucil y piroglutamil aminopeptidasas están presentes en el músculo porcino en niveles bajos, y su óptimo pH está muy lejos al que al del jamon. Las Aminopeptidasas han demostrado

una buena actividad a lo largo de la elaboración del jamón curado y una elevada estabilidad con una importante actividad aún recuperada después de 15 meses de proceso.

Degradación de las proteínas y la generación de péptidos. La acción de catepsinas y calpainas en un proceso corto, como la maduración de la carne es asociado a la fragmentación de las miofibrillas a través de los discos Z, a la hidrólisis de desmina, titina y nebulin y a la aparición de dos polipéptidos con masas moleculares de 95 y 30 kDa. El resultado es una degradación intensa de proteínas y un aumento de la sensibilidad. La acción de las proteinasas musculares es aún más intensa durante el procesamiento largo de curado jamón hasta los 15 meses (Toldrii et al. 1993). Los patrones electroforéticos del sarcoplásma del músculo y las proteínas miofibrilares revelan cambios importantes para la mayoría de las proteínas a lo largo del proceso del curado del jamón. En general, la hidrólisis e insolubilidad son más intensas en las proteinas miofibrilares que en las proteinas sarcoplasmicas.

Las Interrupciones en la fibra aparecen con más frecuencia al final de la salazón, estos cambios inician de forma similar en los músculos Semimembranoso y en el bíceps femoral. Debido a las propiedades de las proteinasas y su estabilidad, la acción de calpainas se restringiría para los primeros días, la catepsina D en los primeros 6 meses y catepsinas B, L y H actuaría durante todo el proceso de curado en seco. En cualquier caso, las catepsinas B y L tienen un papel importante debido a su pH óptimo, una buena actividad y de alta estabilidad. Algunos problemas relacionados con la textura y la percepción sensorial se asocian con un exceso de la proteólisis. En el cual influyen los tipos de raza y / o las edades que tienen una marcada influencia sobre algunas enzimas o simplemente un nivel más alto de la actividad de la catepsina.

Generación de aminoácidos libres. Como consecuencia de la proteolisis intensa experimentado durante el curado y el secado, hay una increíble generación alta de aminoácidos libres a lo largo del procesamiento de jamón curado. La Alanina, leucina, valina, arginina, lisina, glutámico y ácido aspártico son algunos de los amino ácidos generados en cantidades mayores. La concentración final dependerá de la duración del proceso y el tipo de jamón. Por ejemplo, el contenido en aminoácidos libres en el Jamón de Parma aumenta particularmente durante el período de 9-12 meses. Por el otro lado, los jamones españoles muestran la mayor tasa de generación que tienen lugar hasta 240 días, lo que coincide con una intensa degradación de las proteínas y máxima actividad enzimatica. Después, la tendencia de generación es más lento debido a la reducción de la actividad de las enzimas y las reacciones aún más para formar otros compuestos. Esta disminución se ha observado después de 179 días en jamones franceses y después de 420 días en jamones ibéricos. Pequeños péptidos resultantes

de la tri-y dipeptidylpeptidases la acción se siguen acumulando al final del proceso. Las mayores concentraciones de aminoácidos libres se detectan en el jamón ibérico, que tiene un tiempo largo de proceso (más de 24 meses). La menor cantidad de aminoácidos libres en jamón contry, debido a su corto tiempo de procesamiento.

Lección 29: Lipólisis en el jamón curado

Al igual que la proteólisis la lipolisis constituye también un grupo importante de reacciones bioquímicas en la generación de sabor y / o precursores del sabor durante el procesamiento de jamón curado. De hecho, la lipólisis tiene un alto impacto en la calidad del producto final por varias razones: generación de libres ácidos grasos con influencia directa en el sabor; la generación de los precursores del sabor tales como los ácidos grasos poliinsaturados, que actúan como sustratos para más reacciones de oxidación de los compuestos volátiles con aromas específicos; la contribución a la textura de la grasa por descomposición de los triglicéridos implicados en la red de tejido adiposo y el desarrollo de aromas rancios o los colores amarillentos de grasa cuando hay una el exceso de la lipólisis / oxidación.

En general, los cambios lipolíticos más intensoss se observan durante los primeros cinco meses de tratamiento. La Lipólisis en el procesos de secado y curado del jamón se atribuye a los sistemas enzimáticos endógenos presentes en el músculo y el tejido adiposo debido a la acción de las lipasas microbianas las cuales actúan debido al bajo número de microorganismos en el interior del jamón. Varios trabajos de investigaciones publicados en la década de 1990 se han centrado en el músculo y tejido adiposo y el sistema lipolítico como una manera de entender y optimizar el desarrollo del sabor.

Acción de las lipasas del tejido muscular y adiposo. El progreso de la lipólisis en el jamón curado puede variar dependiendo del tipo de producto, la cantidad de enzimas lipolíticas endógenos y las condiciones de procesos específicos.En general, la lipólisis tiene las siguientes etapas (Fig. 11): Degradación inicial de los lípidos a partir de la hidrólisis de triglicéridos y fosfolípidos principales por las lipasas y fosfolipasas siguiendo con la degradación posterior de los mono y diglicéridos y lisofosfolipidos por la actividad de monoacilglicerol-lipasas y lysofosofolipasas respectivamente con el fin de generar ácidos grasos libres como productos finales de la lipólisis.

Las lipasas musculares. La lipasa Lisosomal ácida es activa a pH ácido (4,5 a 5,3), el cual es cercano a los niveles encontrados en la carne post-mortem; y las lipasas neutrales son activas a un pH neutral de 7,0-7,5. Ambas lipasas tienen preferencia por los ésteres primarios presentes en los

triglicéridos. Las Fosfolipasas A1 y A2 juegan un papel importante en las vías bioquímicas, implican la degradación de los fosfolípidos; ellas catalizan la hidrólisis del L-acil y 2 acil- éster respectivamente; del sn-3- fosfoglicéridos en la interfase lípido / agua. Los ácidos y esterasas neutrales, los cuales son muy estables y activos, son capaces de hidrolizar cadenas cortas de los ácidos grasos a partir de tri-, di-y monoacilgliceroles.

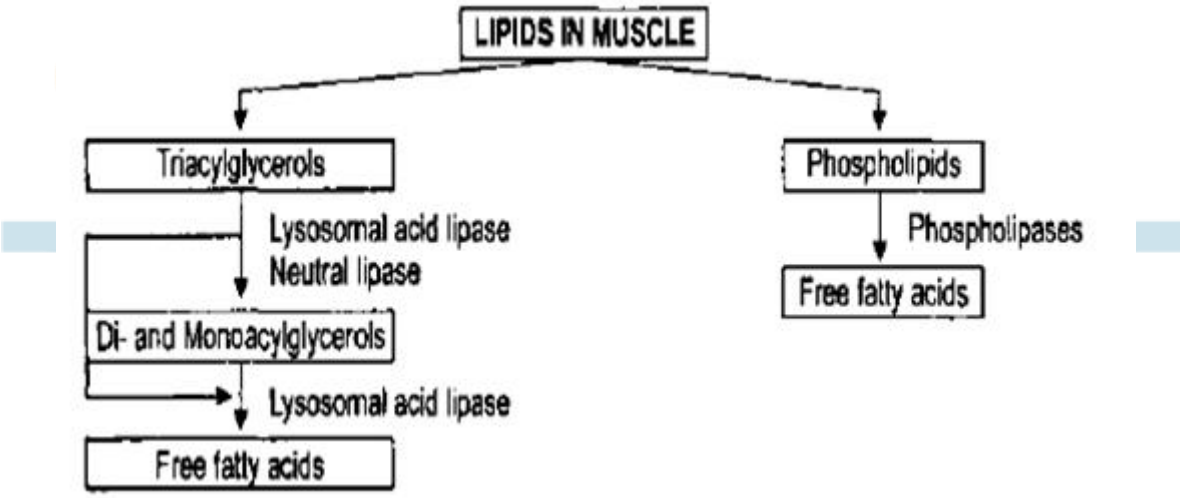


Figura 11. Esquema general de la lipolisis en el procesamiento de jamon curado.

Las lipasas del tejido adiposo. Estas enzimas están involucradas en la degradación lipolitica de los tri-, di-y monoglicéridos y posterior generación de cadenas largas de ácidos grasos libres en el tejido adiposo. Hay varias lipasas que son activas en el rango de pH neutral y se encuentran en el tejido adiposo. Las Lipasas sensibles a las hormonas, también conocida como lipasa neutral debido a su óptimo pH de 7.0, genera ácidos grasos libres con la hidrólisis del enlace éster en sn-1 y sn-3 posiciones en tri y diacilgliceroles. Las Monoacilglicerol lipasas son activas a pH neutro, hidrolizan monoacilgliceroles sin especificidad posicional. Las Lipoproteína lipasas son activas a pH básico de 8.5 y a pesar de que desempeña un papel menor, pueden hidrolizar ésteres primarios debido a que los monoacilgliceroles insaturados se hidroliza a un ritmo más rápido que los compuestos saturados.

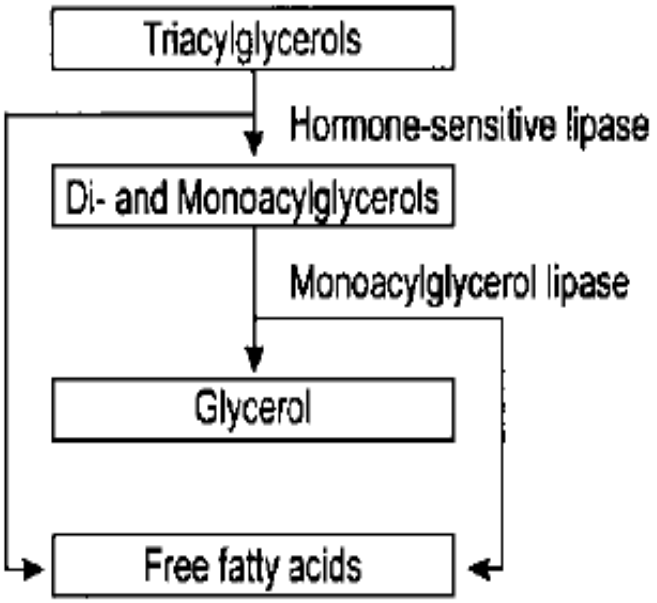


Figura 12. Esquema general de la lipolisis en el tejido adiposo durante el procesamiento de jamon curado.

Todas estas enzimas muestran una actividad hasta el final de las etapas del pos salado, pero sólo la enzima neutral permanece activa durante la maduración y el período de secado. Las esterasas ácidas y neutrales también son activas y muy estables en el tejido adiposo, aunque generan cantidades muy bajas de ácidos grasos de cadena corta, debido a la poca disponibilidad de un sustrato adecuado.

Degradación de los lípidos. La degradación de los triglicéridos no es tan intensa como se piensa. La generación de ácidos grasos libres en el músculo se correlaciona con el período de degradación máxima de fosfolípidos. Los dos principales fosfolípidos: la fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina, disminuyen sustancialmente y la composición de acidos grasos libres generados (30,5% SFA, el 25% ácidos grasos monoinsaturados y un 45% AGPI) es muy similar a la composición de los fosfolípidos degradados, la cual es: 35% de SFA, el 20% ácidos grasos monoinsaturados y un 45% PUFA.

Una disminución de los ácidos grasos de los fosfolípidos se observa durante el procesamiento, especialmente en ácido linoleico, ácido araquidónico, ácido oleico, palmítico y esteárico. Esta disminución es más pronunciada en las primeras etapas y puede alcanzar hasta un 66% de la cantidad total de ácidos grasos de los fosfolípidos. Todos estos hechos corroboran también las fosfolipasas del

músculo como las enzimas más importantes involucradas en la lipólisis muscular. La cantidad de ácidos grasos libres generados aumenta con el tiempo de maduracion con un máximo de seis meses de tratamiento. Debido a que la actividad de la lipasa es principalmente influenciada por la concentración de sal, pH y actividad de agua, parece que la hidrólisis de lípidos se ve favorecida por el mismo variables (aumento o reducción de sal), que aumentan la actividad de la enzima in vitro.

En el caso del tejido adiposo, los triglicéridos que forman la mayor parte de este tejido (90%) son hidrolizados por la lipasa neutral a di-y monoglicéridos, así como a ácidos grasos libres sobre todo e incluyendo un máximo de seis meses de proceso. la cantidad de triglicéridos disminuye del 90% al 76%. Hay una hidrólisis preferencial de ácidos grasos poliinsaturados, aunque algunos de ellos no pueden acumularse debido a la oxidación durante el procesamiento. Algunos triglicéridos, ricos en ácidos oleico y linoleico (líquidos a 14-18C), se hidroliza más que otros ácidos grasos ricos en Acidos Grasos Saturados, tales como ácido palmítico (sólidos a esas temperaturas). Esto significa que el estado físico de los triglicéridos incrementa la tasa de lipólisis, al favorecer la acción de las lipasas en la interfase agua-aceite.

Lección 30: Glucolisis, Generación de Aminas Biógenas; Transformación de Nucleótidos y Nucleósidos

La fuente principal de energía para el proceso de contracción y relajación en el musculo vivo es el ATP, luego del sacrificio el mecanismo aerobio de obtención de ATP cesa, por lo que es necesario obtenerla a partir del metabolismo celular vía glucolisis anaerobia, fosforilación oxidativa a partir de la degradación irreversible de la creatina fosfato (CP) o de la condensación de dos moléculas de ADP (adenosin difosfato). La glucolisis es la ruta principal en el metabolismo de la glucosa o del glucógeno para sintetizar el ATP en condiciones aerobias o anaerobias, como se muestra en la figura 3. En condiciones aerobias este proceso consiste en una serie de diez reacciones enzimáticas catabólicas o degradativas en presencia de enzimas endógenas (glucohidrolasas), que convierten la glucosa en acido pirúvico (piruvato) y se lleve a cabo la respiración celular.

Al momento de la muerte del animal, el mayor cambio que experimenta el musculo tiene que ver con esa síntesis energética. El aporte de oxigeno derivado de la circulación sanguínea al tejido muscular se interrumpe, la respiración celular se paraliza y surge la síntesis anaerobia de energía con un rendimiento mucho menor en la generación de ATP. El musculo anaerobio no puede mantener su

nivel normal de ATP y la glucolisis *postmortem* provoca la reducción del acido pirúvico en presencia de la enzima lactato deshidrogenasa a acido láctico, con la consecuente disminución de pH en el musculo. El descenso de pH hace que las proteínas miofibrilares se aproximen a sus puntos isoeléctricos y se desnaturalicen. La desnaturalización va acompañada de una reducida capacidad de retención de agua de las proteínas (CRA), fenómenos causantes de la exudación y por ende de la aparición de las diversas calidades de carne, como ya se ha descrito anteriormente.

En los productos fermentados se dan además reacciones glucolíticas de origen exógeno. Los hidratos de carbono adicionados sirven de sustrato para el crecimiento de los microorganismos presentes o los adicionados en los cultivos iniciadores y su fermentación produce ácido láctico que produce también una caída de pH. La intensidad de acidificación dependerá en gran parte del tipo de BAL presentes en el cultivo iniciador, la cantidad de carbohidratos añadidos y de la temperatura de fermentación.

Generación de aminas biógenas. Las aminas biógenas (AB) son compuestos orgánicos nitrogenados de bajo peso molecular con estructura alifática (putrescina, cadaverina, agmatina, espermina y espermidina) y aromatica (tiramina, histamina, β-feniletilamina, octapamina, dopamina, serotonina y triptamina). Se producen principalmente por descarboxilacion microbiana de sus aminoácidos precursores o por aminacion y transaminacion de los aldehidos y cetonas. En función del número de grupos amino las AB también se clasifican en monoaminas (histamina, feniletilamina, tiramina), diaminas (putrescina, cadaverina) o poliaminas (espermidina, espermina).

Las poliaminas, son de origen natural o fisiologico y se forman como consecuencia de distintos procesos metabolicos a partir de la arginina (putrescina, agmatina, espermina y espermidina) o de la lisina (cadaverina). Las AB se pueden encontrar en alimentos como el pescado, pero también en aquellos con alto contenido de proteína y que han sufrido una fermentación con gran liberación de aminoácidos como por ejemplo, queso, productos cárnicos crudos-curados (embutidos), vino, cerveza, etc.

Las diaminas y poliaminas son componentes indispensables de las células vivas, a bajas concentraciones son importantes en la regulación de la función de los ácidos nucleicos, síntesis de proteínas y probablemente en la estabilización de las membranas celulares protegiéndolas del estrés oxidativo. Sin embargo, el consumo de AB en altas concentraciones pueden tener efectos nocivos y provocar dolores de cabeza, hipo e hipertensión, nauseas, palpitación cardiaca, intoxicación renal, en casos graves hemorragia cerebral e incluso la muerte.

La putrescina y cadaverina pueden reaccionar con nitrito dando lugar a la formación de nitrosaminas, sustancias con efecto cancerígeno. Las monoaminas, histamina y tiramina, tienen propiedades vasoactivas y psicoactivas que provocan hipotensión, migrañas e hipertensión. Además de sus efectos toxicológicos, las AB estan relacionadas con la higiene de los alimentos, su presencia en elevadas concentraciones puede ser indicativa de uso de materias primas de baja calidad, de contaminación y condiciones inapropiadas durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos.

Transformación de nucleótidos y nucleósidos. Los nucleósidos son las moléculas resultantes de la unión de una base nitrogenada (purina o pirimidina) y una molécula de azúcar (ribosa o desoxirribosa), mediante un enlace N-glucosídico. Las bases pirimídicas incluyen al uracilo, citosina, y timina, mientras que las base púricas incluyen a la adenina, guanina, hipoxantina y xantina. Los nucleótidos son los esteres fosfóricos de los nucleósidos al formase por la unión de estos con una molécula de ácido fosfórico en forma de ión fosfato (PO43).

El ATP (adenosín trifosfato), fuente principal de energía de la célula utilizada en una gran variedad de reacciones metabólicas, es el nucleótido mayoritario en músculo vivo y se forma por la unión de una base nitrogenada de adenina con una ribosa y tres fosfatos (Figura 6). Tras la muerte del animal, la concentración de ATP se reduce y ésta es la principal causa de la instauración del rigor mortis en la carne (Greaser,1986). La degradación del ATP ocurre rápidamente, por acción de enzimas endógenas del músculo, como se observa en la figura 7, dando lugar a la acumulación de ADP (adenosín difosfato) y AMP (adenosín monofosfato).

El ADP, resultado de la actividad ATPasa, es refosforilado a ATP a partir de la fosfocreatina (CP) por la enzima creatina-quinasa o por glucólisis anaerobia degradando al glucógeno. Sin embargo, con el tiempo post-mortem se van agotando estas reservas y el ciclo de contracción-relajación se detiene hasta llegar a un estado de contracción sostenida por la formación irreversible del complejo actiomiosina.

Posteriormente el AMP es desaminado a IMP (inosín 5´monofosfato), el cual se descompone en inosina (INO) y posteriormente a hipoxantina (Hx) (Burns y Ke, 1985). La oxidación de la Hx a xantina (X) y ácido úrico (AU) es un proceso lento y participan tanto enzimas autolíticas como microbianas (Surette et al., 1988). Paralelo a este proceso, aunque en menor medida, ocurre la degradación de la guanosina monofosfato (GMP) a guanosina (GUA) y guanina (G), la cual es desaminada y contribuye también a la formación de X y AU (Urich, 1990).

El análisis de estos compuestos ha sido propuesto como método rápido y simple para determinar la frescura y calidad de la carne durante los primeros momentos post-mortem. Incluso, se han desarrollado métodos rápidos para la evaluación postmortem de la carne. Uno de los métodos, hace uso del denominado valor R, que consiste en medir la relación entre las absorbancias a 250 y 260 nm, para distinguir entre PSE y DFD, solo necesita entre 3 y 4 minutos para su determinación, que por la rapidez de medida se ha sugerido como método interesante para el control de calidad en el matadero (Honikel y Fischer, 1977). Por su parte, Batlle et al., (2000 y 2001) propusieron la variación del valor R a valor R', calculando la relación entre concentraciones de los compuestos derivados de la inosina y los de la adenosina.

Este valor demostró ser útil para discriminar entre carnes PSE, normales y DFD a las 2 horas post-mortem e incluso a las 8 horas, pero deja de ser útil a las 24 horas. De igual manera se propuso la utilización de la relación IMP/ATP para discriminar carnes PSE tan solo a las 2 horas post-mortem. Como resultado de los procesos catabólicos del ATP, algunos de los compuestos derivados de su degradación o el cociente entre ellos se han propuesto como índices o indicadores de la frescura y maduración en diversas especies de pescado (Saito et al., 1959), conejo y ternera (Nakatani et al., 1986), cerdo y pollo (Fujita et al., 1988, Batlle et al., 2000 y 2001). Aunque, la determinación simple de la concentración de

UNIDAD 3: OPERACIONES DE CONTROL EN LOS PROCESOS CÁRNICOS.

Nombre de la Unidad	Operaciones de Control en los Procesos Cárnicos
Introducción	Esta unidad se fundamenta en tres aspectos claves de los procesos cárnicos: Los balances de masa; transferencia de calor y muerte térmica y los productos cárnicos enlatados desde la aplicación de la esterilización. Específicamente se tratan conceptos claves para utilizar el cuadrado de Pearson como estrategia de cálculo para diferentes productos cárnicos; Como calcular la pasteurización o cocción de productos cárnicos, la cinética de la muerte térmica de M.O. y el cálculo del tiempo de reducción decimal. Así mismo, para los productos cárnicos esterilizados se aporta como calcular las temperaturas de esterilización, letalidad total, el valor F y como evaluar los procesos de tratamiento térmico aplicados.
Justificación	
Intencionalidades Formativas	
Denominación de capítulos	Capitulo 7. Balances de masas aplicados en los procesos cárnicos. Capítulo 8. Conceptos de Transferencia de Calor y Muerte Térmica Aplicados en los Procesos Cárnicos. Capitulo 9. Productos cárnicos enlatados y Calculo de la letalidad.

CAPITULO 7: Balances de Masas Aplicados en los Procesos Cárnicos

Introducción

La industria cárnica necesita de la aplicación de los balances de masas con el fin de estandarizar las formulaciones utilizadas en los productos cárnicos comercializados, es por eso, que el futuro ingeniero requiere aprender los conceptos aplicados para el cálculo de productos cárnicos frescos, productos cárnicos curados, productos cárnicos curados sin hueso y productos Emulsificados.

Lección 31: Conceptos Básicos de Balance de materia aplicados a procesos cárnicos

Los balances de materia en la industria cárnica se refieren a la contabilidad de entradas y salidas de materiales de los procesos de transformación o de una operación o etapa de este. Estos balances son importantes para definir características del producto final; determinar la capacidad necesaria para procesar y para estimar los costos de producción. De igual forma, si la planta funciona, los balances suministran información sobre la eficiencia de los procesos.

Al igual que en el resto de procesos industriales los balances de materia en la industria cárnica se basan en las leyes de la conservación de la masa. Estas leyes indican que la masa entrante a un proceso debe ser igual a la masa saliente a menos que produzca una acumulación dentro del proceso.

En teoría la resolución de estos balances es muy sencilla, para lo cual se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones para resolver los posibles problemas al enfrentar un proceso:

A) Realizar un esquema o mímico usando una simbología adecuada donde se expresen los datos propuestos del enunciado teórico del problema.
B) Plantear las ecuaciones algebraicas posibles para el balance total y los balances parciales necesarios teniendo encuentra el planteamiento del problema.
C) Determinar claramente cuál es la base de cálculo.
D) Sustituir los datos en las ecuaciones planteadas.
E) Resolver las incógnitas posibles.
F) Determinar las soluciones a las preguntas formuladas en el problema.
G) Comprobar que las entradas sean iguales a las salidas tanto en números como en unidades de medición.

Los Procesos desarrollados en la industria cárnica son por lo general mezclas de diferentes materias primas que conforman un todo: el Producto final; de allí que se deba tener un estricto control en el manejo de la composición en cada uno de sus componentes para no alterar las propiedades exigidas en el producto final por el consumidor. El término utilizado para expresar la composición es la fracción porcentual o porcentaje en masa, el cual se define como las partes por ciento o una fracción de cien: ejemplo si un producto contiene 15 gr de carne en 100 gr del compuesto, el producto contiene 15% de carne por masa. Otra forma como se puede presentar la composición de un producto es la siguiente:

Composición Salchicha Tipo Frankfurt:

MATERIAS PRIMAS	PORCENTAJE
Carne magra de res para emulsión	41 kg
Carne magra de res para granulados	15 kg
Carne magra de cerdo para granulados	16 kg
Grasa-tocino de cerdo para emulsión	18 kg
Hielo en escarcha	29 kg
Harina de trigo	13 kg
TOTAL	132 kg

La tabla anterior muestra la composición medidas en partes por un total; para convertir cada una en porcentaje se debe sumar el peso de todos los ingredientes para obtener el peso total. En el ejemplo de arriba deberías sumar 41 + 15 + 16 + 18 + 29 + 13 = 132. Ahora dividirás 100/132=0,7575. Siempre se dividirá 100 entre el peso total de la composición. Ahora, para cada ingrediente en tu composición, multiplícalo por el resultado anterior de 0.7575 de la siguiente forma:

MATERIAS PRIMAS	PORCENTAJE	
Carne magra de res para emulsión	41 x 0.7575=	31,0575 %
Carne magra de res para granulados	15 x 0.7575=	11,3625 %
Carne magra de cerdo para granulados	16 x 0.7575=	12,12 %
Grasa-tocino de cerdo para emulsión	18 x 0.7575=	13,635 %
Hielo en escarcha	29 x 0.7575=	21,9675 %
Harina de trigo	13 x 0.7575=	9,8475 %
TOTAL	132	99.99%

Se deberá ajustar el resultado para obtener el 100%.

Otra estrategia utilizada es el cuadrado de Pearson, también llamado regla de mezclas, o cruz de San Andrés. Permite estimar en qué proporción se deben mezclar 2 componentes para obtener un resultado deseado. Este método es uno de los más utilizados por ser sencillo, consiste en formar un cuadrado con los datos conocidos al lado izquierdo y la concentración deseada en el centro del cuadro, la diferencia en forma diagonal entre el valor del centro y los valores del lado izquierdo forman los valores del lado derecho o proporción en que se deben ser mezclados los ingredientes conocidos, (Revilla, 1982). Un ejemplo de sus aplicaciones el siguiente:

Se desea preparar una salchicha con 450 kg de carne, la carne A con 5% de grasa y la carne b con 90% de grasa; en el producto final se desea un máximo del 25% de grasa, el rendimiento obtenido por el producto fue del 98%, el agua adicionada del 40%, 5% de almidon, 2% de saly 0.2% de Ajo y Cebolla

Agua Adicionada: 450(40%)= 180 kg.

Mezcla Carne + Agua= 630kg

Calculo de extendedor: 630 kg mezcla carne-agua (5% de almidon)= 31.5 kg de almidon

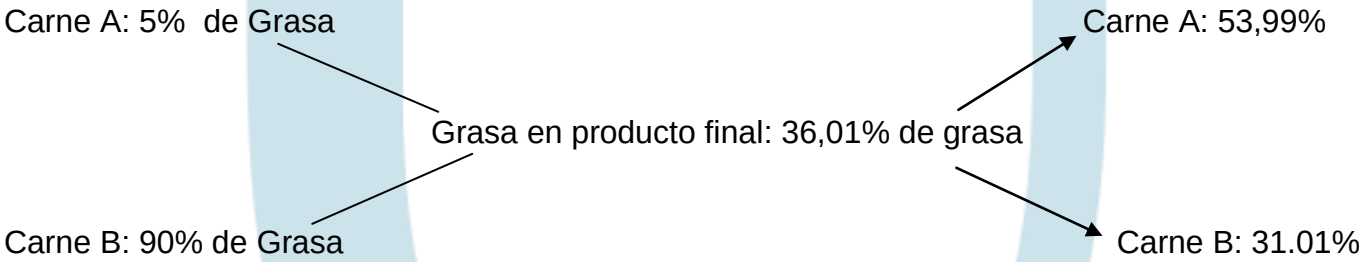
Total mezcla carne- agua- almidon= 661.5 kg

Rendimiento del 98%: 661.5 kg (98%)= 648.27 kg de salchicha.

Cantidad de grasa en el producto final: 25%, es decir, 648,27 kg (25%)= 162,07 kg de grasa en el producto final

450 kg de mezcla de carne ⟶ 100%

162.07 kg de grasa ⟶ X = 36,01% de Grasa deseado en el producto final



% de grasa en la Mezcla de carne ……85%

Como se menciono anteriormente, para hallar las concentraciones necesarias de cada uno de los tipos de carne (Lado derecho) se hace la diferencia entre las concentraciones ubicadas en el lado

izquierdo con la concentración deseada en el producto final, es decir: en valor absoluto 5 – 36,01= 31,01% y 90 – 36,01= 53,99% ; las dos concentraciones se suman con el fin de saber la concentración final.

Para calcular las cantidades de cada tipo de carne se procede así:

Carne A: (53,99% / 85) X100= 76.47%

Carne B: (31.01% / 85) X100= 23,53%

Lo que se traduce a cada cantidad asi:

Carne Tipo A: 450 kg X 76.47% = 344.12 kg

Carne Tipo B: 450 kg X 23.53% = 105.88 kg

Los demás Ingredientes serian:

Sal 2% X 648.27 kg Producto Final= 14.91 kg

Ajo 0.2% X648.27 kg Producto Final= 1,30 kg

Cebolla 0.2% X648.27 kg Producto Final= 1,30 kg

Lección 32: Calculo para productos cárnicos frescos (chorizo, Hamburguesas).

Datos:

- 10 Kg de carne de cerdo (con 30% de grasa aproximada)
- 15% de agua
- 85% de rendimiento a la coccion

Calculo de la cantidad de Agua

- 10 Kg de carne x 15% de agua= 1,5 Kg de agua

Calculo del producto final

- 10 Kg de carne + 1,5 Kg de agua= 11,5 Kg de producto crudo
- 11,5 Kg x 85% de Rend.= 9,975 Kg de producto final (PF)

Calculo de los ingredientes

Ej: 9.975 Kg PF x 2,3% de Sal = 0,229 Kg de Sal

Sal, Azúcar y Especies	Cantidad Calculada

Sal: 2,3%	0,229 Kg
Azúcar: 1%	0,099 Kg
Ajo: 0,2%	0.019 Kg
Cebolla: 0,2%	0.019 Kg
Orégano: 0,2%	0.019 Kg
Pimienta: 0,15%	0.015 Kg
Pimentón Español: 0,2%	0.019 Kg

- **Preparación**

Colocar los ingredientes en la mezcladora por un periodo de 15-20 min. y luego embutir en tripas naturales de cerdo y amarrar con una separación de 10 cm. Aproximadamente para dar la presentación deseada al producto.

Lección 33: Cálculos para Productos cárnicos curados con hueso

FORMULACION

Datos:

- 65% de la pieza es carne
- Porcentaje de inyección del 20%
- Rendimiento a la cocción 90%
- Partiendo de una pierna patrón de 10Kg

Calculo de la Cantidad de Carne

- 10Kg x 65% = 6,5Kg de Carne

Calculo de la Cantidad de salmuera a inyectar

- 6.5Kg de carne x 20% de inyección = 1,3Kg de Salmuera

Calculo del Producto Final

- 6,5Kg de Carne + 1,3Kg de Agua = 7,8Kg de producto crudo
- 7,8Kg x 90% de Rend. = 7,02Kg de Producto Final (PF)

Calculo de los Ingredientes

Ej: 7,02Kg PF x 2,3% de Sal = 0,161Kg de Sal.

Sal, Azúcar y Especies	Cantidad Calculada	Concentración
Sal: 2,3%	0,161Kg	12,38%
Azúcar: 1%	0,070Kg	5,38%
TPF: 0,45%	0,031Kg	2,38%
Nitrito: 0,02%	0.0014Kg (1,4gr)	0.10%
Eritorbato: 0.012%	0,0084Kg	0.64%
Humo Liquido: 0,25%	0.017Kg	1.3%
Agua (por diferencia)	1,011Kg	77.82%
TOTAL:	1,300Kg	100%

Lección 34: Calculo para Productos cárnicos curados (Jamón sin Hueso (cocido))

FORMULACION
Datos:

- 6Kg de Carne de Cerdo
- 35% de Agua
- 95% de Rendimiento de la cocción
- 5% Uso de entendedores (EX) Harina de trigo y fécuela de maíz.

Calculo de la Cantidad de Agua:

- 6Kg de Carne x 35% de Agua = 2.1Kg de Agua
- 6Kg de Carne + 2.1Kg de Agua = 8.1Kg de Mezcla

Calculo del Extendedor:

- 8,1Kg x 5%EX = 0,405KG
- 8.1Kg + 0.405 = 8.505Kg de Mezcla

Calculo del Producto Final

- 8,505Kg x 95% de Rendimiento cocción=8,079Kg de Producto Final (PF)

Nota: Cuando la extracción de proteína se hace correctamente el rendimiento a la cocción puede llegar al 100%.

Calculo de los Ingredientes:

Especie	Cantidad Calculada
Sal: 2,5%	0,201Kg

Azúcar: 1%	0,080Kg
TPF: 0,45%	0,036Kg
Nitrito: 0,02%	0.0016Kg
Eritorbato: 0.012	0,0096Kg

Preparación:

- Colocar la carne en la mezcladora, agregar la sal, el Trípoli fosfato y un tercio del agua calculada.
- Mezclar por un periodo de 25min y dejar reposar por 10 – 15 min.
- Adicione nitritos y Eritorbato preferiblemente disueltos en agua.
- Mezclar por un periodo de 20min. Y dejar reposar por 10 min.
- Luego adicionar los entendedores, el resto de los ingredientes y el agua.
- Mezclar varias veces por periodo de 15min alterado con reposos de 10min.

Lección 35: Cálculos para productos Emulsificados.

Productos Emulsificados

FORMULACIÓN

Datos: Elaborar un Prod. Emulsificado partiendo de una mezcla de 15 Kg de Carne A con 5% de grasa y B con 95% grasas.

- Porcentaje de grasa producto final = 20%
- Porcentaje de agua = 40%
- Entendedores = 5%

Calculo de la Cantidad de Agua:

- 15Kg de carne + grasa x 40% de agua = 6Kg de Agua
- 15Kg de carne + grasa + 6Kg de agua = 21Kg de mezcla

Calculo del Ex tendedor:

- 21Kg de Mezcla x 5%(Ex) = 1.05Kg
- 21Kg ´1,05 (Ex) = 22.05Kg de Mezcla

Calculo del producto Final:

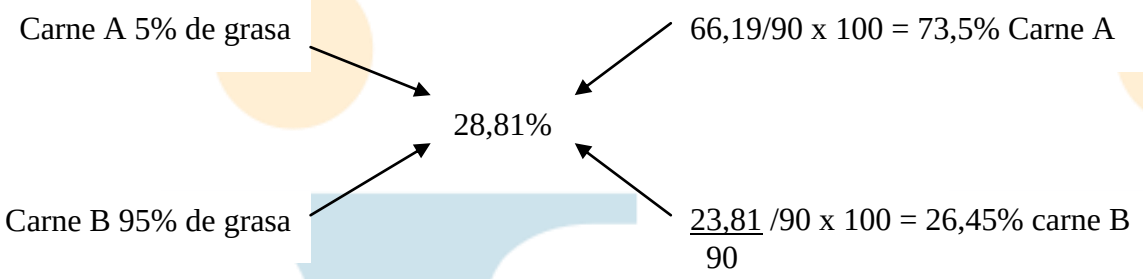
- 22.05Kg de mezcla x 98% de Rend = 21,609Kg de PF

Nota: Cuando la extracción de proteína se hace correctamente el rendimiento a la cocción puede llegar al 100%.

Calculo de la cantidad de Grasa:

- 21.609Kg de PF. x 20% de grasa = 4.322Kg. de grasa
- 15Kg de mezcla de carne + grasa ---------- 100%
- 4.322Kg ---------- 28,81%

Calculo de la cantidad de cada carne en la mezcla



15Kg de carne + grasa x 73,5 % = 11,025Kg.

15Kg de carne + grasa x 26,45% = 3,967Kg.

Calculo de los Ingrédientes

Especie	Cantidad Calculada
Sal 2,3%	0,497Kg
Azúcar 1%	0,216Kg
TPF 0,45%	0.097Kg
Ajo 0,2%	0.043Kg
Cebolla 0,2%	0.043Kg
Pimienta 0,15%	0.030Kg
*Nitrito 0,012%	0.0013Kg
*Eritorbato 0.072%	0,087Kg

Nota: *Estos se Formulan en Base a la carne

Preparación de la Salmuera

Se requiere preparar una cantidad de salmuera suficiente para inyectar las piezas como para sumergir las mismas en el periodo de estandarización, para lo cual se toma como valor de referencia el total de las piezas a inyectar se calcula el porcentaje de inyección y se duplica esta cantidad.

Ej: 4 perniles de 6,5Kg + 2 chuletas de 5Kg = 26 + 10 = 36
36Kg x 20% inyección = 7.2Kg de salmuera para inyectar.
Total de salmuera 14.4Kg.

Estandarización

La estandarización es una operación que tiene como finalidad permitir la distribución de las sales en la pieza de forma que migren desde las áreas mas concentradas a las mas diluidas, permitiendo de este modo la uniformidad del curado en la pieza, además de dar acceso a que la salmuera llegue a sitios donde no pudo llegar al momento de la inyección, la misma comprende periodos de duración de 16 a 18 horas. Para su realización se parte de la cantidad de la salmuera remanente, la cual es de concentración conocida elaborando entonces una salmuera para la estandarización a una concentración deseada utilizando para ello la siguiente formula:

$$V1 \times C1 \Rightarrow V2 \times C2 \qquad V2 = \frac{V1 \times C1}{C2}$$

En donde:
V1= Volumen del remanente
C1= Concentración inicial de la salmuera
V2= Volumen necesario para alcanzar la concentración deseada
C2= Concentración deseada.

FORMUALCION DE PRODUCTOS CÁRNICOS

Planteamiento de problema:
"Se desea elaborar *Pernil Ahumado,* formule para 300Kg de salmuera tomando en cuenta para esto un patrón de 10Kg (65% es carne). Se estableció un porcentaje de inyección del 22%; un rendimiento en cocción del 90%; 2,5% de sal; 1% de azúcar; 0,01de nitrito y 0,06 de eritorbato."
Calcule también la concentración de sal en la salmuera.

1. **Calculo de la cantidad de carne.**

   10Kg de pernil x 65% = 6,5Kg.

2. **Calculo de la cantidad de Salmuera a inyectar**

6,5Kg de carne x 22% = 1,43Kg

3. **Cálculo del producto Final**

6,5Kg de carne + 1,43Kg de agua = **7,93Kg** de pernil ahumado

7,93 x 90% Rendimiento = **7,14.**

4. **Calculo de la Cantidad de ingredientes a agregar en el producto final.**

7,14Kg x 2,5% de Sal = 0,179Kg

7,14Kg x 1% de azúcar = 0,071Kg

7,14Kg x 0,01% de nitrito = 0,0007Kg

7,14Kg x 0,06% de eritorbato = 0,004Kg

5. **Calculo de la cantidad de ingredientes a agregar en la salmuera**

1,43Kg de salmuera hay 0,179Kg de sal

En 300Kg de salmuera cuantos Kg de Sal? =**37,55Kg.**

6. **A que Concentración está la sal en la salmuera?**

$\frac{37.55Kg}{300Kg} \times 100\% = 12.5\%$

Capitulo 8: Conceptos de Transferencia de Calor y Muerte Térmica Aplicados en los Procesos Cárnicos.

Introducción

El capitulo a continuación ofrece al lector los conceptos básicos sobre transferencia de calor aplicado a procesos cárnicos; la Cinética de la muerte térmica de microrganismos; el Tiempo de reducción decimal; como desarrollar una Pasteurización en Ciclo Real y la forma como se establece la Pasteurización de alimentos envasados: lo anterior es de gran importancia para la aplicación de los procesos térmicos básicos en la cocción de productos cárnicos.

Lección 36: Conceptos Básicos de transferencia de calor aplicado a procesos cárnicos

La pasteurización es una operación de estabilización de alimentos que persigue la reducción de la población de microorganismos presentes en éstos de forma que se prolongue el tiempo de vida útil del alimento. Si se reduce la población de microorganismos al principio del almacenamiento, N_0, la vida útil del alimento se alarga cuando el parámetro de calidad dominante es la presencia de microorganismos, ya sean patógenos o sólo alterantes, porque se tarda más tiempo en alcanzar una concentración intolerable de microrganismos, N_f.

La pasteurización consigue disminuir la población de microorganismos mediante la elevación de la temperatura durante un tiempo determinado, lo que implica la aplicación de calor.

La **pasteurización** es un **tratamiento térmico suave**, en contraposición con la esterilización, que es un tratamiento muy intenso. La pasteurización emplea temperaturas y tiempos de contacto relativamente bajos, consiguiendo una prolongación moderada de la vida útil a cambio de una buena conservación del valor nutritivo y de las cualidades organolépticas del alimento.

Sin embargo, pese a ser un tratamiento suave, la pasteurización consigue la eliminación de los microorganismos patógenos, aunque sólo consigue una reducción de los microorganismos alterantes. La pasteurización tiene diferentes objetivos según el tipo de alimento al que se aplique:

En alimentos ácidos, produce una buena estabilización ya que el medio ácido impide la proliferación de microorganismos esporulados, los más resistentes a la destrucción térmica, respetando las propiedades del alimento.

En alimentos poco ácidos, la pasteurización consigue la destrucción de la flora patógena y una reducción de la banal o alterante, consiguiendo un producto de corta duración que ha de conservarse refrigerado.

Sin embargo, todos estos patógenos son destruidos por un tratamiento térmico ligero que deja un producto más higiénico y que se estropeará por la acción de la flora banal mucho antes de resultar peligroso a la salud humana.

De los patógenos mencionados, el mas resistente es el de la tuberculosis, por lo que el tratamiento se diseña para destruir este microorganismo ya que si este es destruido, se asegura también la destrucción de los demás, puesto que son más débiles.

La pasteurización es una operación básica que consiste en un tratamiento térmico relativamente suave (temperaturas inferiores a 100ºC). Por ejemplo en el caso de alimentos líquidos a granel sería entre 72 y 85ºC y tiempos cortos (15-20 s). En el caso de alimentos envasados

las temperaturas estarían comprendidas entere (62-68ºC) y tiempos más largos (aproximadamente 30min). Al ser un tratamiento térmico suave los cambios organolépticos y cambios nutritivos del alimento son pocos importantes. La pasteurización puede prolongar la vida útil de los alimentos desde varios días hasta varios meses.

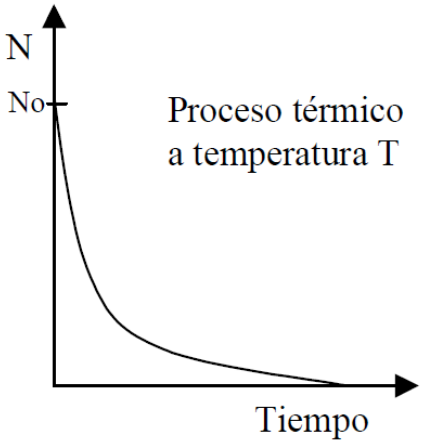
El diseño de la operación de pasteurización requiere la determinación de las condiciones de **temperatura y tiempo de exposición** y tener en consideración el **tiempo de penetración del calor** en el caso de alimentos sólidos envasados.

Lección 37. Cinética de la muerte térmica de microorganismos

La muerte térmica de microorganismos se ajusta muy a menudo a una cinética de primer orden, La destrucción de microorganismos por acción del calor sigue una cinética de primer orden.

$$-\frac{dN}{dt} = k_d \cdot N$$

La cual se Grafica de la siguiente forma:



Siendo, N el número de microorganismos vivos en cada momento en cualquiera de sus formas, en células ó células/mL), kd es la constante cinética de muerte térmica a temperatura T **NOTA: kd depende muy intensamente de la temperatura T** Integrando la ecuación anterior para un proceso térmico que se realiza a temperatura constante (kd constante) se obtiene, como en cualquier cinética de 1er orden, la conocida solución:

$$-\int_{No}^{N}\frac{dN}{N}=k_d\cdot\int_0^t dt\,;\qquad \ln\left(\frac{N}{N_o}\right)=-k_d\cdot t\,;\qquad \frac{N}{N_o}=e^{-kd\cdot t}\,;$$

$$N=N_o\cdot e^{-k_d\cdot t}$$

También es muy usada en base decimal. Se puede pasar a logaritmos decimales según:

$$\log\frac{N}{N_o}=\log\left(e^{-k_d\cdot t}\right);\quad \log\frac{N}{N_o}=-k_d\cdot t\cdot\log e\,;\qquad \log\frac{N}{N_o}=-\frac{kd}{2{,}3}\cdot t$$

Gráficos de supervivencia

Representando $\log(N/N_O)$ frente al tiempo para un microorganismo determinado se obtiene una recta de pendiente negativa de valor $k_d/2{,}3$.

Esta representación recibe el nombre de **gráfico de supervivencia**. Para cada temperatura se obtendrá una pendiente diferente y por lo tanto un grafico de supervivencia diferente ya que k_d varía con la temperatura.

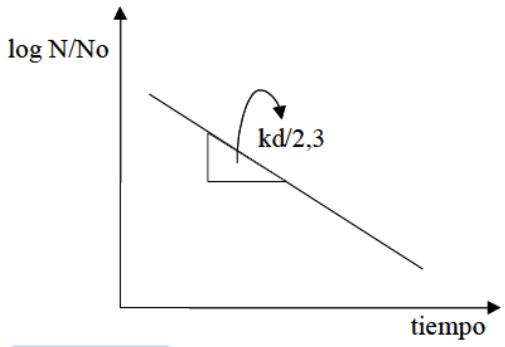
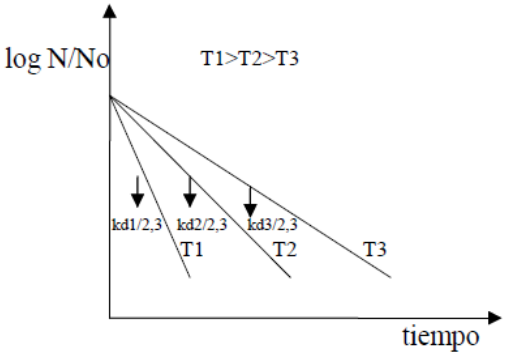


Grafico de supervivencia
a temperatura constante

Por supuesto, se obtienen resultados equivalentes representando cualquier tipo de Logaritmo diferente del decimal frente al tiempo. Particularmente conveniente es usar directamente el logaritmo neperiano



Graficos de supervivencia

.

Lección 38. Tiempo de reducción decimal

Frecuentemente se emplean otras magnitudes equivalentes a k_d para caracterizar la velocidad de muerte de los microorganismos, como es *el* ***tiempo de reducción decimal*****, D,** que es el tiempo necesario para reducir el número de microorganismos vivos a la décima parte del número inicial, es decir

10 microorganismos vivos $\xrightarrow{t=D}$ 1microorganismos vivos

N_O microorganismos vivos $\xrightarrow{t=D}$ N_o/10microorganismos vivos

$$\frac{N}{No} = \frac{1}{10} = \frac{0{,}1 \cdot No}{No} = 10^{-1}$$

Conocida como la tasa de supervivencia o tasa de destrucción

Sustituyendo t=D y $N/N_O=10^{-1}$ en la ecuación de la muerte térmica:

Log 0,1 = - (kd/2,3)×D

-1= (- kd/2.3)D

D= 2.3/k d es decir: Log N/N_O = -(1/D) T

Los gráficos de supervivencia también se pueden representar como en función de D:

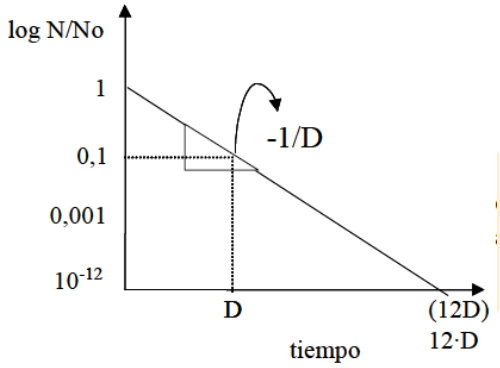


Grafico de supervivencia a temperatura dada

Para obtener una tasa de supervivencia 10^{-1} necesitamos aplicar 1 tiempo de reducción decimal y para obtener una tasa de supervivencia 10^{-12} necesitamos aplicar un tiempo de reducción decimal de índice doce (12D) o lo que es lo mismo aplicar doce veces el tiempo de reducción decimal, t = 12·D.

Conocido D, después de un tiempo t, el número de microorganismos viables que quedan es:

$$N = N_0 \cdot 10^{-\frac{t}{D}}$$

Influencia de la temperatura (T) en la cinética de la muerte térmica

La constante de muerte térmica k_d y, en consecuencia el tiempo de reducción decimal, D, son función de la temperatura. En efecto, representando la razón de supervivencia frente al tiempo a varias temperaturas, se obtienen rectas de diferentes pendientes:

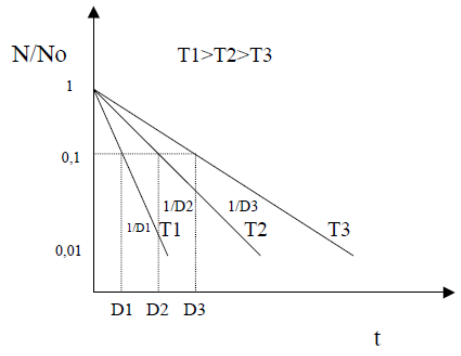


Grafico de supervivencia a temperatura constante

Es decir, la cinética de la muerte térmica se acelera al incrementarse la temperatura, reflejándose en una disminución del tiempo de reducción decimal D y un incremento de la constante de muerte k_d.

Correlación de k_d y T: la ecuación de Arrhenius:

La constante de muerte térmica para un microorganismo dado, se correlaciona bien con la temperatura T a través de la ecuación de Arrhenius:

$$k_d = k_\infty \cdot e^{\frac{-E_a}{R \cdot T}}$$

O en otra forma:

$$k_d = k_{TR}\left(\frac{-E_a}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_R}\right)\right)$$

Y, tomando logaritmos en la primera

$$Ln(k_d) = Ln(k_\infty) - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

De donde es evidente que se puede obtener el valor de k_∞ y E_a representando Ln(k_d) frente a 1/T.

Correlación de D y T: gráficos de termodestrucción y constante de termorresistencia (z):

Puesto que $1/D=k_d/2{,}3$, se deduce que:

$$D = D_\infty \cdot e^{\frac{E_a}{RT}}$$

Donde, D_∞ y E_a , al igual que antes, dependen del tipo de microorganismo y se pueden obtener de forma análoga a lo expuesto antes. Además, cuando se representa el logaritmo decimal del tiempo de reducción frente a la temperatura, se obtienen líneas rectas de pendiente -m. Estas gráficas reciben el nombre de gráficos TDT o gráficos de termodestrucción.

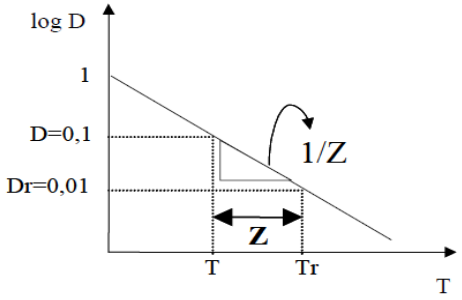


Grafico TDT Para una reducción de 10 veces las células supervivientes

Como se deduce de la geometría del grafico, el inverso de la pendiente de esta línea de termodestrucción, que denominaremos z, es el número de grados que debe incrementarse la temperatura para que el valor del tiempo de reducción decimal D baje a la décima parte del inicial. En efecto, de la geometría del grafico, se deduce que:

$$\frac{\log D - \log D_{TR}}{(T - T_R)} = -\frac{1}{z} = -m$$

Donde z se denomina termorresistencia del microorganismo y físicamente es el valor del incremento de T que se necesita para que D varíe en un orden de 10. De esta forma, se deduce además la siguiente expresión:

$$D = D_{TR} \cdot 10^{\frac{T_R - T}{z}}$$

Aunque en principio sólo es válida para intervalos cortos de temperatura y para un mismo grado de muerte térmica.

Descripción de la intensidad de la pasteurización.

La intensidad de la pasteurización es el resultado de aplicar una temperatura T durante un tiempo t y ha de cuantificarse por su efecto en la muerte del/los microorganismos objetivo. Definamos algunos de los conceptos usados en cuantificar estos efectos.

Muchas de estas definiciones nos resultan innecesarias, pero es conveniente conocer la nomenclatura empleada en el tratamiento de la pasteurización.

Índice de reducción, γ.

El índice de reducción **γ** es el tiempo necesario para **reducir** una población 10^{γ} veces, es decir pasar de 10^{γ} microorganismos viables a 1. De la definición de D, es obvio que el tiempo de exposición resulta t= (γ) D, con la descripción empírica

$$\gamma = 1 \longrightarrow D \longrightarrow \frac{N}{No} = 10^{-1} \qquad D = Dr \cdot (10)^{(Tr-T)/Z}$$

$$\gamma = 12 \longrightarrow (12D) = 12 \cdot D \longrightarrow \frac{N}{No} = 10^{-12} \qquad 12D = (12D)r \cdot (10)^{(Tr-T)/Z}$$

$$\gamma = n \text{ (desconocido)} \longrightarrow (nD) = n \cdot D \longrightarrow \frac{N}{No} = 10^{-n} \qquad t = tr \cdot (10)^{(Tr-T)/Z}$$

Lección 39: Desarrollo de una Pasteurización en Ciclo Real

Ocurre este caso cuando no se puede despreciar el efecto de los periodos de calentamiento o enfriamiento. En estos casos es preciso conocer el perfil de temperaturas temporal del proceso T(t).

El perfil de temperaturas depende de los dispositivos de intercambio del calor y encierra tanto la temperatura de proceso como el tiempo de exposición. Puede ser que se conozca el perfil de temperaturas y se desee evaluar la reducción que se produce.

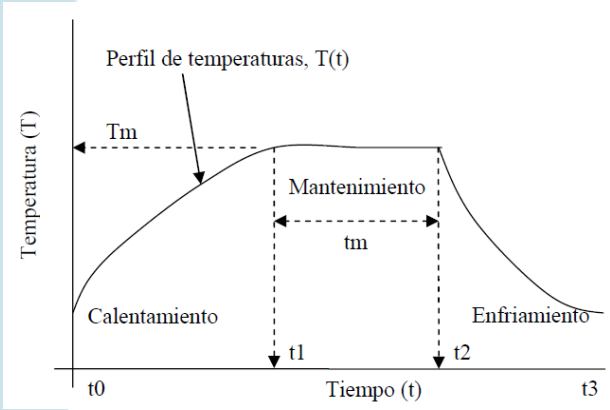
Asumiendo que se conoce el perfil de temperaturas T(t) del ciclo de pasteurización que dura desde el principio del calentamiento (t_0) hasta después del enfriamiento, para calcular la reducción conseguida, primero, se debe calcular la severidad:

$$s = \int_{t_0}^{t_f} k_d(T)dt = \int_{t_0}^{t_f} k_\infty e^{-\frac{E_a}{RT(t)}} dt$$

y de ésta, la reducción de la población

$$\frac{N}{N_0} = e^{-s}$$

Más habitual es que se desee alcanzar una reducción dada y haya que proponer un perfil determinado. Aunque puede ser difícil cambiar la velocidad de calentamiento o enfriamiento, siempre es posible **prolongar el periodo de mantenimiento**, como se muestra en la siguiente figura:



- En este caso, la severidad es suma de los tres procesos:

S= S1 + S2 + S3

- La reducción deseada N/N_0 da la severidad total:

$$S = Ln\,(N_0 / N)$$

- La severidad de los procesos de calentamiento y enfriamiento se puede calcular de sus perfiles de T:

$$s_1 = \int_{t_0}^{t_1} k_\infty e^{-\frac{E_a}{RTc(t)}} dt\,; \qquad s_3 = \int_{t_2}^{t_3} k_\infty e^{-\frac{E_a}{RTc(t)}} dt$$

La severidad del mantenimiento se obtiene por diferencia

S2= S - S1 - S3

Y de ahí se deduce la duración necesaria del mantenimiento a la temperatura elegida o impuesta por otra causa (Tm):

$$t_m = \frac{s_2}{k_d(T_m)}$$

En ocasiones no se distinguen claramente las fases de calentamiento y mantenimiento y es necesario el perfil de temperatura completo para realizar el cálculo.

El perfil de temperaturas se puede deducir de las características del dispositivo en el que se lleve a cabo el calentamiento o el enfriamiento, y se puede manipular graduando la temperatura del fluido calefactor o refrigerante o alterando la geometría, el tiempo de residencia o el régimen de flujo. Estudiaremos el perfil de temperaturas en algunos dispositivos de intercambio de calor en el próximo tema.

Lección 40. Pasteurización de alimentos envasados

El hecho de que el alimento se encuentre envasado, pone como dificultad añadida que el calor tarda cierto tiempo en penetrar hasta el interior del alimento. De hecho el tiempo de penetración puede ser mucho más importante que el requerido para la inactivación.

Aunque en el tratamiento recomendado para diversos alimentos **teniendo en cuenta el envase**, puede ocurrir que se desee diseñar un ciclo para un alimento envasado del que no se dispongan de estos datos.

En estos casos, el problema se aborda de forma conservativa: **se hace el cálculo para el lugar más frío del envase (the "cold spot" o punto frío)** que suele ser el centro. Es, pues, cuestión de superar el tiempo de calentamiento al ciclo de esterilización.

Para alimentos sólidos el cálculo se puede realizar de 2 formas

Ciclo ideal: Calcular el ciclo necesario para la temperatura elegida y sumar el tiempo de calentamiento del centro obtenido de las gráficas de Gurney y Laurie. Este método es muy conservativo y da tiempos excesivos.

Ciclo real: Obtener el perfil T-t para el centro del envase con las gráficas de Gurney y Laurie, incluyendo calentamiento y enfriamiento y un periodo de mantenimiento, si lo hay, y calcular las reducciones en base a estos perfiles.

Ambos métodos son muy conservativos, especialmente el primero, y particularmente en el caso de envases grandes que contienen alimentos líquidos o semilíquidos o alimentos en un líquido de gobierno, como es el caso de muchas conservas vegetales.

En este caso, el sobretiempo calculado para el calentamiento es realmente excesivo, resultando costoso e incluso dañino para la calidad del producto. En estos casos tiene sentido usar el siguiente método semiempírico para alimentos envasados semisólidos.

La siguiente ecuación (semiempirica) da la variación de temperatura media para el alimento contenido en el envase durante el calentamiento

$$Log\left(\frac{T_C - T}{T_C - T_o}\right) = \frac{UA}{2.3MC_p}t$$

Donde T_C es la temperatura del fluido calefactor, T_O es la temperatura inicial de alimento y T es la temperatura del alimento en cada momento t. U es el coeficiente global de transferencia de calor; A el área del envase expuesta a la transferencia del calor, M la masa del alimento y C_p su capacidad calorífica.

Conviene agrupar todos los parámetros de transferencia del calor en el coeficiente f_h, ya que han de ser determinados empíricamente en conjunto:

$$f_h = \frac{2.3MC_p}{UA}$$

E introduciendo u factor empírico que tiene en cuenta el retraso, j_h, la ecuación del calentamiento queda:

$$Log\left(\frac{(T_C - T)}{j_h(T_C - T_o)}\right) = \frac{-t}{f_h}$$

Reordenando

$$Log\left((T_C - T)\right) = \frac{-t}{f_h} + Log\left(j_h(T_C - T_o)\right)$$

Que significa que si se dispone de un experimento en el que se mide la temperatura del punto frío con el tiempo (T vs t), se pueden usar estos datos para representar Log(T_c-T) frente al tiempo, obteniendo una línea recta de pendiente 1/f_h y un valor de la ordenada en el origen del que se puede deducir j_h (dedúzcalo usted). Con f_h y j_h se puede escribir la expresión del perfil de temperaturas en el punto frío. Escríbala a continuación

Resolver:

A continuación se dan los datos de un experimento en el que se ha medido la temperatura en el punto frío de una lata de carne picada en salsa de tomate. Encuentre los factores f_h y j_h y escriba la expresión del perfil de temperaturas.

tiempo /min	0	3	6	9	12	15	18	21	24
temp /° C	50	52	62	86	100	106	112	115	116
tiempo /min	27	30	33	36	39	42	45	48	51
temp /° C	116	116	116	116	116	116	114	84	57

Calcule también el índice de reducción que produce este ciclo en un Clostridium cuyos datos son y el efecto sobre la vitamina que se muestra en la tabla, sabiendo que esa vitamina se destruye con una cinética de primer orden.

Temperature/	Inactivation rate constant, k_d /s^{-1}	
° C	*C. botulinum*	Thiamine
60	$1.51 - 10^{-07}$	$2.760 - 10^{-7}$
120	$1.51 - 10^{-01}$	$4.070 - 10^{-6}$

Capitulo 9: Productos cárnicos enlatados y Calculo de la letalidad

Introducción

La esterilización es un proceso de gran utilidad en la industria cárnica pues permite obtener productos de una mayor vida útil disponible para la comercialización y consumo, por lo general estos productos son presentados en frascos de vidrio o envases de lata los cuales permiten la aplicación de temperaturas superiores a 100 ^{o}C; para lograr las condiciones necesarias de aplicación se hace indispensable dominar por parte del ingeniero de alimentos conceptos como letalidad total, valor F, condiciones de calentamiento, penetración del calor y evaluación del tratamiento térmico aplicado, lo cual le permitirá con los parámetros exigidos en el procesamiento térmico mencionado.

Lección 41. Cálculo De Las Temperaturas De Esterilización

La esterilización Es la operación donde se tratan los alimentos a alta temperatura y un tiempo necesario para destruir toda la actividad enzimática y microbiana por lo que se obtienen productos con una larga vida útil pero con notables pérdidas tanto a nivel nutritivo como sensorial. Es un procedimiento más drástico, en el que se somete al alimento a temperaturas entre 115 y 127 grados C. Para alcanzarlas, se utilizan autoclaves o esterilizadores. El proceso se debe mantener un cierto tiempo (en algunos alimentos, hasta veinte minutos), y la temperatura afecta al valor nutricional (se pueden perder algunas vitaminas) y organoléptico de ciertos productos.

Comparada con la pasteurización, la esterilización produce alimentos con tiempos de vida muy superiores, que llegan a muchos meses e incluso a años. Por otra parte, la calidad organoléptica de los productos esterilizados es peor. En muchas ocasiones el empleo de condiciones de esterilización produce graves deterioros y pérdidas de nutrientes, si no se es muy cuidadoso. Lo de la “destrucción total de microorganismos” no es totalmente exacto, siempre queda cierta probabilidad de que quede alguno vivo, pero esto se ve con precisión más adelante.

En la práctica el diseño de la esterilización conlleva diseñar tanto para producir la muerte térmica deseada como para preservar los nutrientes más susceptibles. En resumen, la esterilización es:

La esterilización es un Tratamiento térmico enérgico Por encima de 100ºC, produce la destrucción total de microorganismos, Intenta preservar los nutrientes y Produce alimentos de muy larga vida.La preservación de nutrientes no se cuida en la pasteurización porque este procedimiento, por su naturaleza suave, no es destructivo para los nutrientes.

Sin embargo, hay que resaltar que el diseño de la esterilización presenta características

diferenciadas de la pasteurización. No es simplemente calentar más y más tiempo, sino además preservar los nutrientes y resolver los problemas de transmisión del calor derivados de los calentamientos rápidos e intensos que requiere la operación.

Las temperaturas que provocan la muerte de los microorganismos, son denominadas "Temperaturas Letales". Cuando los microorganismos son sometidos la temperaturas letales y constantes, podemos observar una reducción en el número de microorganismos supervivientes. La cantidad en el número de microorganismos presente cuando el alimento es sometido a diferentes tiempos de calentamientos a temperaturas constantes, podemos definir cómo:

$$-\frac{dN}{dt} = KN \quad (1)$$

$$\int_{N_O}^{N_1} -\frac{dN}{dt} = \int_{O}^{t} K\,dt \rightarrow t = \frac{1}{K}[\log N_O - \log N_1]$$

$$t = \frac{1}{K}\log\frac{N_O}{N_1} \quad ou \quad D = \frac{1}{K}\log\frac{N_O}{N_1} \quad (2)$$

donde:

N = Número de Microorganismos Vivos.

D = Tiempo de Calentamiento o Tiempo de Reducción Decimal.

K = Constante de Destrucción Térmica.

El valor D, es definido como el tiempo necesario para destruir un 99% de microorganismos en un determinado tratamiento térmico letal o sea, permite calcular el tiempo necesario (a temperatura constante) para reducir el número de microorganismo un dato valor inicial (N_0) para un valor final (N_1). Para la comparación de diferentes procesos de esterilización, es necesario una temperatura de referencia. Para alimentos de baja acidez (pH hasta 4.5), la temperatura de referencia utilizada es 121,1ºC, inmediatamente podemos definir la siguiente ecuación:

$$\log\frac{t_T}{F} = \frac{121{,}1 - T}{z}$$

Donde:

t_T = Tiempo en minutos del proceso la una temperatura T.

F = Tiempo equivalente a 121,1ºC en minutos.

Z = Resistencia térmica de un determinado microorganismo.

z es el intervalo de temperatura que ocasiona una variación de 10 veces en la velocidad de una transformación. En los procesos de tratamiento térmico de los alimentos envasados herméticamente, se considera satisfactorio cuando la probabilidad de ocurrir microorganismos vivos capaces de que se desarrollen y, que causen deterioro en el alimento es de 1:1000 envases. De esta forma, el tiempo de tratamiento térmico irá a depender de la naturaleza química del alimento y de las condiciones de almacenamiento.

Lección 42. Letalidad Total - El Valor F

El valor F es definido como el "tiempo equivalente" durante el cual un producto ha sido sometido a una temperatura de esterilización determinada. En el cálculo de F se toman en consideración distintos factores: la temperatura instantánea en cualquier momento, la temperatura base, el valor Z y el intervalo de tiempo. El concepto de tiempo equivalente necesariamente implica que este tiempo es diferente al tiempo real.

El valor F será el número total de unidades de esterilización en un tiempo de un minuto, en un proceso a la temperatura de 121,1ºC. Los tratamientos térmicos de esterilización son normalmente empleados de modo a reducir para niveles seguros el número del microorganismos *Clostridium botulinum,* que de otro modo podrían reproducirse y producir una neurotoxina responsable por el Botulismo, una enfermedad que puede llevar a la muerte al que la ingiere. Los valores más comunes de D varían entre 1,0 y 3,0 minutos a 121 °C, mientras que el valor Z oscila entre 8 y 13 °C, aunque recientemente el autor ha empleado en estudios de validación indicadores biológicos con un valor Z = 30 °C.

Una vez conocidos estos parámetros es posible desarrollar un modelo matemático que permita calcular la capacidad de un proceso de esterilización, para eliminar los microorganismos, en términos de letalidad, según la siguiente expresión:

$$L = 10^{\frac{(T-Tb)}{Z}}$$

Dónde:

L: letalidad

T: temperatura instantánea

Tb: temperatura base

Z: valor Z

La letalidad puede ser determinada en un instante dado, pero si se calcula la sumatoria de todas las letalidades acumuladas, es decir se integra como una función de la temperatura en el tiempo (L = f (T,t)),entonces es posible calcular el tiempo equivalente F. La expresión anterior sería:

$$F = \int_{t1}^{t2} L \, dt$$

Como los microorganismos presentan resistencias relativamente diferentes entre sí, la letalidad total (Valor F) de procesamiento y, las diferentes temperaturas también, es decir, depende por lo tanto del valor de la constante z. Entonces se puede definir:

$$\log \frac{t_T}{F} = \frac{121,1 - T}{z} \quad \text{ou} \quad \frac{t_T}{F} = 10^{\left(\frac{121,1-T}{z}\right)}$$

A esterilidade será obtida quando :

$$\int_0^t \frac{dt}{t_T} = 1 \quad \rightarrow \quad \int \frac{1}{t_T} = \int_0^t \frac{1}{F} 10^{\left(\frac{T-121,1}{z}\right)}$$

$$\textbf{finalmente :} \quad F = \int_0^t 10^{\left(\frac{T-121,1}{z}\right)} dt \qquad (4)$$

La constante z en este caso, asume el valor Z=10ºC, pues en el caso particular de la esterilización por vapor saturado, la temperatura base (Tb) es igual a 121 °C y el valor Z es igual a 10 °C, en ese caso el término F se denomina Fo.

La solución de la ecuación anterior se expresa de la siguiente forma:

$$F = \Delta t \cdot \sum 10^{\frac{(T-Tb)}{Z}}$$

Dónde:

F: tiempo equivalente (min)

T: temperatura instantánea (°C)

Tb: temperatura base (°C)

Z: valor Z (10 °C)

Dt: intervalo de tiempo (min)

Para la evaluación del impacto de un tratamiento térmico, débase llevar en consideración los factores en los alimentos de sabor y aroma de una forma que los mismos sean preservados el máximo posible. Para tanto es utilizado normalmente una temperatura de referencia de 100ºC y valores de z entre 20 - 40ºC, para preservar tales características en el alimento.

La ecuación anterior puede ser utilizada cuando el alimento es agitado y promoviendo así su calentamiento de modo que el mismo reciba la misma temperatura en todo el punto. En la mayor parte de las situaciones prácticas, este no es el caso, los diferentes puntos de los alimentos procesado están a lo largo del tratamiento térmico, sujeto la variaciones de tiempo-temperatura. Para esta situación debemos promover la sumatoria del proceso total aplicado al alimento, de modo a calcular el impacto del proceso en la totalidad del alimento; este impacto puede ser calculado conforme la ecuación a continuación:

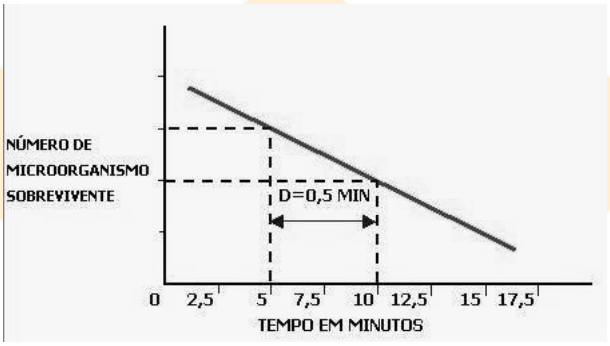
$$\mathbf{F = D_T \log\left[\frac{1}{V_T}\int_V 10^{\left(-\frac{F(V)}{D_T}\right)} dV\right]}$$

F(V)=Valor de la esterilización en el volumen (en minutos).

F=El valor de la esterilización para el volumen total del alimento (en minutos).

Conceptos de D y z en el Cálculo de la Esterilización

El valor D es normalmente denominado de TIEMPO DE REDUCCIÓN DECIMAL, o sea, es el tiempo necesario para reducir el número de microorganismos a un décimo del inicial, la una determinada temperatura. Este proceso puede ser ilustrado en el gráfico a continuación:



Del gráfico podemos obtener las ecuaciones:

$$z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_1 - \log D_2} \quad \text{ou} \quad \frac{D_1}{D_2} = 10^{\left(\frac{T_2 - T_1}{z}\right)} \quad (6)$$

En el gráfico está ilustrado el cálculo del valor z para un determinado microorganismo. Se verifica que el valor D es de 10 minutos para una temperatura de 110ºC, mientras que es de 1,0 minuto para una temperatura de 120ºC. Por lo tanto para este microorganismo específico, el valor z es de 120-110 = 10 o z=10ºC.

Lección 43. Dinámica del calentamiento del punto frio en el enlatado

Para asegurar la esterilidad en la producción de alimentos enlatados, es necesario conocer la dinámica de calentamiento del punto frío de la lata (National Canners Association, 1979; Ghani y col., 1999). Si el tratamiento térmico es excesivo, el alimento pierde valor nutritivo, debido a la disminución de su contenido nutricional y se pueden producir efectos sensoriales indeseables, tales como aroma y sabor a quemado, además del consiguiente deterioro de proteínas y carbohidratos. En caso contrario, si no se esteriliza adecuadamente el alimento, existe el peligro de que se desarrollen microorganismos anaerobios como Clostridium botulinum, productor de la toxina botulínica, que es letal para el ser humano en dosis del orden 10-9 g/kg de peso corporal, por lo que el tiempo requerido para la destrucción de este microorganismo generalmente se toma como base en el diseño de procesos térmicos de alimentos de baja acidez (National Canners Association, 1979).

La dinámica del punto frío de la lata, usualmente se determina de manera experimental, colocando termopares en varios sitios cuidadosamente seleccionados del recipiente, posteriormente la lata se

somete al tratamiento térmico en autoclave y durante todo el proceso se registra la temperatura contra el tiempo, lo que permite inferir la ubicación del punto frío que es el que va a determinar el tiempo de tratamiento para asegurar la esterilidad comercial (Zechman y Pflug, 1989).

En la literatura ya ha sido reportado que la medición con termopares origina distorsión en los perfiles de temperatura (Kumar y col., 1990; Mongkhonsi y col., 1992; Zhang, 2002), ya que esta técnica implica hacer orificios en las latas para colocar los termopares y éstos restringen el libre movimiento del líquido (Ghani y col., 2001), lo que origina una variación en las lecturas de temperaturas, ya que en el proceso real de esterilización las latas se encuentran totalmente cerradas. También Mongkhonsi y col., (1992) sugieren que la distorsión se origina por la pérdida de calor en la superficie del recipiente debido a la presencia de los termopares, los cuales proporcionan un área de transferencia de calor adicional, ya que tienen el mismo efecto que una aleta de enfriamiento en un intercambiador de calor.

Además, que un fenómeno preponderantemente bidimensional, se convierte en uno tridimensional, haciendo su interpretación más compleja. Zhang (2002), en un estudio experimental con termopares EklundMR, reporta que su inserción en la lata, tiende a aumentar la tasa de penetración de calor y, por lo tanto, a subestimar los tiempos de tratamiento térmico (5% aproximadamente). La situación anterior causa que se presente incertidumbre sobre la ubicación del punto frío, con el consiguiente riesgo de que el alimento no sea procesado adecuadamente, lo cual es más crítico sí se manifiestan mecanismos de convección conducción.

La convección natural origina que la zona de más lento calentamiento se desplace hacia el fondo de la lata, generalmente sobre el eje axial de la lata (Potter y Hotchkiss, 1999), aunque algunos estudios recientes (Kumar y Bhattacharya, 1991; Ghani y col., 1999; Ghani y col., 2002) demuestran que, en el caso de alimentos líquidos, el punto frío no se mantiene fijo y sigue una trayectoria desde una región localizada entre $0 < r < R$ y $0 < z < L/5$, desplazándose hacia el eje axial y luego hacia el centro de la lata (Jiménez-Islas y col., 2003).

Al respecto, se han publicado trabajos sobre la modelación de la dinámica del calentamiento durante la esterilización de alimentos altamente viscosos, utilizando las ecuaciones de momentum y energía propias para un fluido (Datta y Teixeira, 1988; Kumar y col., 1990; Teixeira y col., 1997; Ghani y col., 1999 Ghani y col., 2001; Ghaniy col., 2002; Ghani y col., 2003; Farid y Ghani, 2004), lo que en un momento dado, no podrían aplicarse con precisión para alimentos que contienen partículas en suspensión, que constituyen una parte importante del mercado.

Por otro lado, los alimentos, que se consideran sólidos y que, tradicionalmente, han sido modelados con mecanismos puramente conductivos, contienen agua, aceite, salsa, salmuera, entre otros componentes, como fluido intersticial, lo que evidentemente, hace que se presenten mecanismos de convección-conducción. Entonces, es importante conocer la ubicación y trayectoria del punto frío para determinar si un procesamiento térmico es adecuado en función del tiempo equivalente de esterilización Fo.

En la literatura existen algunos reportes sobre la transferencia de calor en alimentos con fase sólido-líquido: Cacace y col., (1994) estimaron la letalidad en alimentos que contienen partículas grandes analizando un cubo de papa que se mantuvo inmóvil en una solución de NaCl, empleando en su modelación el transporte conductivo de calor con resistencia interfacial. Mankad y col. (1995) analizaron un sistema de esterilización continua para alimentos que contienen sólidos en suspensión, reportando que las partículas y el líquido se mueven a diferentes velocidades.

Liu y Zuritz (1995) presentan un enfoque Lagrangiano para predecir las trayectorias de las partículas en un sistema de esterilización continua. Estos autores concluyen que las partículas tienen una influencia significativa en el flujo del fluido. Por otra parte, Wang y col. (2000) calculan numéricamente los patrones de velocidad, la distribución de temperaturas y el punto frío de alimentos líquidos que contienen partículas, empleando la suposición de un fluido hipotético con propiedades termodinámicas promedio. Como se puede observar, la modelación de un alimento líquido que contiene sólidos en suspensión, ha sido muy diversa y, en la mayoría de los casos, se requiere conocer el coeficiente de transferencia de calor entre el sólido y el líquido o monitorear la trayectoria de las partículas, lo cual dificulta su aplicación práctica en el diseño de procesos de esterilización.

Después de conocer la ubicación del punto frío y su dinámica de calentamiento, se calcula la letalidad del proceso con el Método General de Bigelow (Heldman y Lund, 1992) o el de la Fórmula de Ball (National Canners Association, 1979). El primero es la técnica más versátil para calcular procesos térmicos, ya que se aplica a cualquier tipo de situación de procesamiento y hace uso directo de la dinámica de calentamiento en el punto frío de la lata, ya sea que se haya obtenido mediante un análisis de penetración de calor o calculada a partir de simulación numérica.

Lección 44. Descripción de los parámetros de penetración de calor

La determinación del comportamiento de los alimentos durante el tratamiento térmico se la realiza mediante estudios de penetración de calor, los cuales buscan obtener el historial del tiempo y la

temperatura en el punto crítico de calentamiento a lo largo del proceso de esterilización con el objetivo de cuantificar en términos de parámetros específicos derivados de la información obtenida la razón y el retraso de la transmisión de calor del medio hacia el alimento.

Para establecer la extensión del tratamiento térmico de forma representativa y fiable los datos obtenidos deben reflejar con precisión las condiciones en las que el producto será procesado, por lo que se recomienda emplear las autoclaves y el equipamiento utilizado en la planta para efectuar el estudio. Se deben determinar factores intrínsecos del producto como: tipo y resistencia térmica de los microorganismos objetivo, esporas o enzimas presentes en el alimento, pH del alimento, condiciones de calentamiento, propiedades termofísicas del alimento y del envase; y condiciones de almacenamiento del producto posteriores al proceso.

Los estudios de penetración de calor se realizan bajo condiciones controladas que representen el peor escenario de producción respecto al tratamiento térmico y que resulten en el modo de calentamiento más lento del producto, se asume que si el punto con menor razón de calentamiento dentro del envase (punto crítico o punto frio) recibe la cantidad de calor necesaria para alcanzar la esterilidad comercial entonces el resto del envase ha recibido la misma o una mayor cantidad de calor y por consiguiente todo el volumen del producto ha logrado la esterilización comercial.

Para los productos en envases cilíndricos que presenten un perfil de calentamiento por conducción (sólidos, productos viscosos) el punto crítico de calentamiento se encuentra localizado en el centro geométrico del envase ya que es el punto más alejado de la fuente de calentamiento; pero en los productos que se calientan por convección (líquidos, vegetales, alimentos poco viscosos, alimentos poco con pocas partículas) el punto crítico de calentamiento se encuentra en el eje vertical aproximadamente a una decima de la altura del envase medida desde la base del mismo (figura 20), existen otros productos, generalmente aquellos que contienen almidón, en los que el modo de transferencia de calor varia de convección a conducción durante el calentamiento lo que implica que su punto crítico también cambie de posición, es recomendable que para el diseño del tratamiento térmico de un nuevo producto se determine el punto crítico de calentamiento en el envase mediante la comparación de los perfiles de temperatura obtenidos por la colocación de termopares o registradores de temperatura a lo largo del eje vertical del envase.

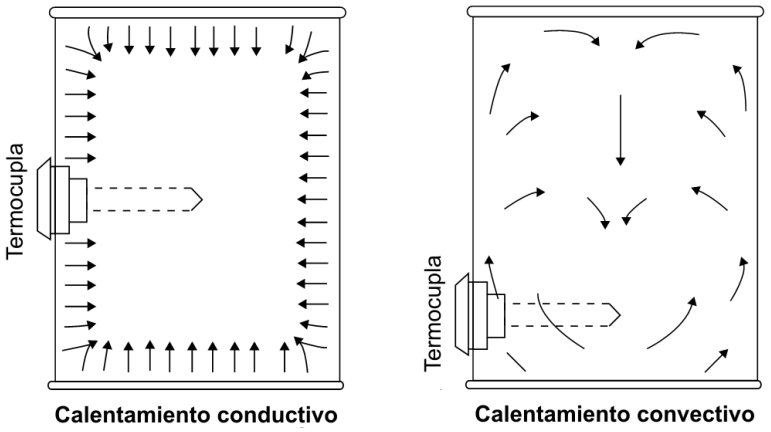


Figura 13. Ubicación del punto crítico de calentamiento en envases cilíndricos.

Fuente: Handbook of Food Engineering, Dennis R. Heldman and Daryl B. Lund, segunda edición, CRC Press.

La temperatura del medio de calentamiento o del medio de enfriamiento, y particularmente su uniformidad a lo largo del proceso es una condición crítica para el establecimiento de un proceso térmico adecuado, la distribución del calor a través del autoclave puede ser afectada debido a la existencia de diferentes sistemas de transportación del medio de calentamiento, la disposición de las válvulas en el autoclave y la aleatoriedad en la forma de cargar los coches o cestas con el producto, por lo que antes de efectuar el estudio de penetración de calor se debe determinar la uniformidad de la distribución de calor y temperaturas dentro del equipo mediante estudios de distribución de calor.

Estos estudios se realizan generalmente para retortas tipo batch de vapor, agua o mezcla vapor-agua que utilizan coches o canastas para transportar los envases y se efectúan como apoyo para el establecimiento de procedimientos operacionales en estos equipos, los objetivos del estudio son:

- Obtener el tiempo de venteo o levante, que se define como el tiempo en el que todo el autoclave alcance la temperatura del medio de calentamiento y evacue al aire presente dentro del equipo.

- Localizar las zonas “frías” o de calentamiento tardo del autoclave.

- Evaluar el efecto que produce algún cambio en el equipamiento o en la forma de cargar el producto sobre la distribución de calor.

Los estudios de distribución de calor requieren de un extensivo conocimiento e identificación del equipamiento térmico, de los aparatos de medición de temperatura y del flujo del medio de calentamiento y enfriamiento en el autoclave y la planta de proceso, estas variables pueden afectar la suficiencia del venteo y deben analizarse extensivamente, para evitar cualquier desviación a lo largo del desarrollo del estudio el Instituto de Especialistas en Procesamiento Térmico (conocido como ITFPS por sus siglas en el idioma inglés) ha redactado protocolos cuyas etapas generales son: reconocimiento general del equipo de proceso, selección y documentación del autoclave para el estudio, selección y estandarización del equipo para la prueba, ubicación de los equipos de medición de temperatura en el autoclave, preparación de los coches o canastas con envases y efectuación del estudio.

Se deben ubicar los sensores de temperatura cerca o adheridos del bulbo del termómetro de mercurio, dentro de los envases llenos con el producto y en las canastas de manera que representen la condición mas critica que pudiera presentarse en una producción normal, la prueba debe extenderse por lo menos por diez minutos después que el sistema de control del autoclave se haya estabilizado o todos los instrumentos de monitoreo de temperatura hayan alcanzado una condición estable; ningún sensor de temperatura debe leer mas de 1,0º F (0.6º C) de diferencia que el termómetro de mercurio al tiempo que este indica haber alcanzado la temperatura de proceso predeterminada, las situaciones o condiciones que no reúnen este criterio deberán ser evaluadas por un especialista en procesos térmicos.

El propósito general que se debe tener en cuenta al diseñar un estudio de penetración de calor es que se busca determinar el comportamiento del calentamiento y enfriamiento de un producto en un sistema especifico de autoclave o autoclaves para establecer un proceso térmico seguro para su producción “comercial” y evaluar sus probables desviaciones, el estudio debe ser diseñado para realizar un análisis de todos los factores críticos asociados con el producto, el envase, el proceso y el efecto del medio de calentamiento o enfriamiento; antes de iniciar un estudio de penetración de calor en un producto siempre deberá realizarse la evaluación y el estudio de distribución de la temperatura en el autoclave o sistemas de autoclaves que se van a utilizar para el procesamiento térmico.

Por regla general, se recomienda efectuar un estudio de penetración de calor cuando:

- Se desarrolle un proceso térmico para un nuevo producto, para un nuevo tipo de envase o para un nuevo sistema de autoclaves.

- Se efectúen cambios en la formulación del producto o en el tamaño del envase o en el proceso en general que puedan afectar las características de calentamiento.

- Se necesite verificar la efectividad del procesamiento térmico establecido.

- Se evalúen los efectos del procesamiento térmico sobre nutrientes o características

- Se desarrollen modelos matemáticos orientados al control del procesamiento térmico.

- Se desarrollen modelos matemáticos orientados al control del procesamiento térmico.

- Identificación de factores críticos: la variación de factores relacionadas con el producto, el proceso térmico o el envase pueden contribuir a la presencia de desviaciones en los datos obtenidos durante el estudio, el establecer un proceso requiere de la obtención de adecuados datos experimentales para determinar cuál de estos factores son críticos y el efecto que causaría su variación dentro o fuera de los límites establecidos, entre los factores críticos generales se pueden citar la composición del producto, el procedimiento de llenado, el tamaño del espacio de cabeza, el tipo de envase, el tipo de autoclave y la temperatura inicial tanto del producto como del medio de calentamiento y enfriamiento.

Lección 45. Métodos para evaluar el tratamiento térmico.

Los métodos pueden ser:

1) Método general. Es el método más simple de todos los métodos, usado en trabajos experimentales por su simplicidad. Fue ideado por Bigelow, el cual involucra una integración numérica, cuando la temperatura es conocida. Propuso lo que se llama la suma de letalidades, que es básicamente tomar en cuenta la aportación que hace cada temperatura con referencia a la letalidad (Holdsworth, 1997).

$$F_0 = F_R = \sum_{i=1}^{n} \Delta F_i = \sum_{i=1}^{n} Li$$

En donde Li= letalidad total en un periodo i

2) Método de la fórmula o de Ball. Puede utilizarse para evaluar el tiempo de muerte térmica o para evaluar el tiempo del proceso. Permite determinar el valor de esterilización proporcionado por un proceso térmico, a partir de fh y J, se pueden calcular los procesos para varios tamaños de latas. Se pueden calcular varios procesos si hay cambios en RT o IT. Para

este método se dice que el valor F es sobrestimado cuando jc<1.41, y cuñado el valor F es subestimando cuando jc>1.41 (Holdsworth, 1997).

$$U = F_0 10^{\frac{T_0 - T}{18}}$$

En donde U= La letalidad de un proceso en términos de minutos a la temperatura de la retorta, F0= El número de minutos requerido para destruir un número especificado de esporas a 250°F cuando Z= 18.

3) Método comparativo gráfico. Determina el área bajo la curva. Es un buen método para cursos de entrenamiento puesto que ilustra claramente la muerte microbiana relativa en diferentes partes del proceso total, y en particular como el calentamiento se ve reflejado en la curva contribuyendo en la letalidad total del proceso (Holdsworth, 1997) .

$$F_T = nD_R$$

En donde FT= El número en minutos requerido para destruir un número dado de microrganismos a una temperatura dada, DR= tiempo necesario a una temperatura dada para que desaparezca el 90% de microorganismos, n= número de reducciones decimales.

Referencias Bibliográficas

C. Lynn Knipe Robert E. Rust. 2010. Thermal Processing Of Ready-To-Eat Meat Products. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.

George D. Sanauacos ,Zacharias B. Maroulis. 2001.Transport Properties of Foods. Marcel Dekker, Inc. New York • Basel.

Fidel Toldrti, Dry –Cured Meat Products Instituto De Agroquimica Y Tecnologia De Alimentos (Csic) Food & "Trition Press, Inc. Trumbull, Connecticut. USA.

Cepeda Jimenez Jihan F.. (2010). Modeling Heat Transfer During Cooling Of Ready-Toeat Meat And Poultry Products Using Three Dimensional Finite Element Analysis And Web-Based Simulation. Agricultural and Biological Systems Engineering Under the Supervision of Professor Curtis L. Weller Lincoln, Nebraska.

Diéguez, Pedro María; Beriain, María José; Insausti, Kizkitza; and Arrizubieta, María Jesús. 2010. "Thermal Analysis of Meat Emulsion Cooking Process by Computer Simulation and Experimental Measurement," International Journal of Food Engineering: Vol. 6: Iss. 1, Article 8.

Rotstein, R. Enrique. Paul Singh, and Kenneth J. Valentas.1997.Handbook of food engineering practice / edited by Food industry and trade—Handbooks anuals.

Chenoll Cuadros Maria Creu.(2008). Relaciones Agua-Solutos-Matriz Insoluble En Algunos Sistemas Alimentarios. Instituto De Ingeniería De Alimentos Para El Desarrollo Universidad Politécnica De Valencia.

Castro Mejía Josué Leonardo.2007. Predicción de las Características Físicas y Sensoriales de una Salchicha Basada en la Temperatura Final de la Emulsión. Zamorano, Honduras.

Serrano Agulló Mª Asunción. 2006. Desarrollo De Reestructurados Cárnicos Potencialmente Funcionales Mediante La Incorporación De Nuez Memoria Para Optar Al Grado De Doctor Universidad Complutense De Madrid Facultad De Farmacia Departamento De Nutrición Y Bromatología I Madrid.

Clemente Polo Gabriela. 2003. Efecto De La Contracción En La Cinética De Secado De Músculos De Jamón. Tesis Doctoral. Departamento De Tecnología De Alimentos Universidad Politécnica De Valencia. Tesis Doctoral Valencia España.

Torres Vargas Olga Lucia.2008. Puesta A Punto De Métodos No Destructivos Y De Análisis Rápidos Utilizables En El Proceso De Elaboración De Jamón Curado. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica De Valencia Departamento De Tecnología De Alimentos Instituto Universitario De Ingeniería De Alimentos Para El Desarrollo. Valencia. España.

Albarracín Hernández William. 2009. Salado Y Descongelado Simultáneo En Salmuera Para La Obtención De Jamón Curado De Cerdo De Raza Ibérica.
Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica De Valencia

Fernández Álvarez Manuela.1994. Efecto De La Adición De Lipasa Pancreática En La Maduración De Embutidos Crudos Curados. Memoria que para optar al grado de Doctor en Veterinaria. Universidad Complutense De Madrid Facultad De Veterinaria Departamento De Nutrición Y Bromatología (Higiene Y Tecnología De Los Alimentos).

Hernández Cazares Aleida Selene. 2010. Control de calidad y seguridad de la carne y productos cárnicos curados mediante el uso de sensores enzimáticos Tesis Doctoral. Valencia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA). Universidad Politécnica de Valencia España.

Larrea Santos Virginia. 2003. Caracterización Química Y Microestructural Del Jamón Curado Denominación De Origen Teruel Tesis Doctoral Departamento De Tecnología De Alimentos Universidad Politécnica De Valencia, España.

Mora Soler Leticia.2010.Determinación De Compuestos Bioquímicos Para El Control De Calidad En La Elaboración De Jamón Cocido Y Jamón Curado Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia. España.

Sánchez Molinero Filiberto.2003. Modificaciones Tecnológicas Para Mejorar La Seguridad Y Calidad Del Jamón Curado. Tesis Doctoral, Universidad De Girona. España.

Pérez Rodríguez Luisa. 1992. Evolución De Las Sales Nitrificantes En El Proceso De Elaboración Y Conservación De Las Salchichas Tipo Frankfurt. Tesis Doctoral Departamento De Nutrición Y Bromatología. Universidad Complutense De Madrid. Facultad De Farmacia. Madrid, España.

Shri K. Sharma, Steven J. Mulvaney, Syed S.H. Rizvi. 2009. Ingenieria de Alimentos - Operaciones Unitarias y Practicas de Laboratorio. limusa editores, México.

Nollet Fidel.2006. Advanced Technologies For Meat Processing Edited By Leo M. L. Toldrápublished In 2006 By Crc Press Taylor & Francis Group

Onega Pagador María Esther.2003. Evaluación De La Calidad De Carnes Frescas: Aplicación De Técnicas Analíticas, Instrumentales Y Sensoriales Memoria Para Optar Al Grado De Doctor. Facultad De Veterinaria, Universidad Complutense De Madrid.

Acosta Guerrero Cáceres Raquel, 2006 Selección De Penicillium Productores De Péptidos Antifúngicos Para Su Utilización En Productos Cárnicos Madurados. Tesis doctoral. Departamento de Nutrición y Bromatología. departamento de zootecnia facultad de veterinaria Universidad de Extremadura.

Pérez Juan María. 2006. Interacción De Los Compuestos Aromáticos Del Jamón Curado Con La Matriz Proteica". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Agoquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC).

Hernandez Cazares Aleida Selene. 2010. Control de calidad y seguridad de la carne y productos Carnicos curados mediante el uso de sensores enzimáticos. Tesis Doctoral. Valencia, Instituto De Agroquimica Y Tecnologia De Alimentos (IATA).

Echeverri Palacio, Luz Miriam; Rincón Alcalá, Sandra Patricia; López Vargas, Jairo Humberto; Restrepo Molina, Diego Alonso. 2004 Un Acercamiento Al Diseño De Los Productos Cárnicos Bajos En Grasa Parte I. Productos De Picado Grueso Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, vol. 57, núm. 1. Universidad Nacional de Colombia.

Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. y Merkel, R.A. (1979). Fundamentos en ciencia de la carne. Acribia. Zaragoza.

Lawrie, R.A. (1998). Ciencia de la carne. Acribia. Zaragoza.

Mafart, P. 1994. Volumen 1: Procesos Físicos de conservación. Ed. Acribia: Zaragoza,

Ordóñez, J.A., Cambero, M.I., Fernández, L., García, M.L., García de Fernando, G., de la Hoz, L. y Selgas, M.D. 1998.Tecnología de los Alimentos. Volumen I: Componentes de los alimentos y procesos. Eds, Ordóñez, J.A Ed. Síntesis: Madrid.

REVILLA, Aurelio., (1983). Tecnología de la leche. Procesamiento, Manufactura y Análisis. Editorial Herrero hermanos. México D.F. p: 159.

http://muscle.uscd.edu

http://savell-j.tamu.edu/structure.html

http://www.aps.uoguelph.ca/~swatland/ch7_*.htm

http://www.aps.uoguelph.ca/~swatland/ch2_*.htm