



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



Efecto de la Reducción de Sodio en Lomo de Cerdo Salado y en Fiambre Cocido de Cerdo para Emparedados

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María*

*Tesista: Ing. Química Aldana Chesta
Especialista en Tecnología de los Alimentos*

*Directora: Dra. Montenegro Mariana.
CoDirectora: Esp. Renaud Viviana*

*Villa María
Abril 2019*

Dra. MARIANA ANGÉLICA MONTENEGRO CATEDRÁTICA DE UNIVERSIDAD NACIONAL DE VILLA MARÍA Y UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA Y Esp. VIVIANA RENAUD, CATEDRÁTICA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA Y UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA.

CONSIDERAN: que la presente memoria titulada “EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN LOMO DE CERDO SALADO Y FIAMBRE COCIDO DE CERDO PARA EMPAREDADOS”, para aspirar al grado de Magíster, que presenta la Ing. Esp. Chesta Aldana, realizada bajo su dirección y codirección, reúne las condiciones adecuadas para su presentación como tesis, por lo que AUTORIZAN a la interesada su presentación.

Villa María, 1 de abril de 2019.

Dra. Mariana Angélica Montenegro
Directora de tesis

Esp. Viviana Renaud
CoDirectora de tesis

AGRADECIMIENTOS

A mis directoras, Dra. Mariana Montenegro y Esp. Viviana Renaud, por darme la oportunidad de realizar esta Tesis, confiar en mí. Mi más profundo y sincero agradecimiento por su valiosa ayuda en mi formación profesional e investigadora.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Mariana, ya que gracias a ella llegué hasta este punto, por su apoyo en todo momento y por estar pendiente de cada detalle.

Nuevamente a Viviana y su compañera Lic. Gabriela Mónaco por su predisposición y colaboración para la realización de algunos ensayos en el INTI.

Al Ing. Luis Toselli gracias por asistirme en cuestiones académicas, por estar siempre por cualquier consulta y por además porque voy aprendiendo de su experiencia y consejos.

Al Lic. Daniel Correa por sus contactos y colaboración para la realización del análisis sensorial.

Al Ing. José Peralta, Ing. Rubén Baccifava por su colaboración y su disponibilidad a resolver diversas inquietudes.

A la UNVM (Universidad Nacional de Villa María) por brindarme un espacio para realizar ensayos allí.

A Virginia, que comenzamos siendo compañeras de trabajo, y formamos una gran amistad, gracias por su ánimo y consejos que me dieron la fortaleza para continuar y seguir adelante. Además, por haber estado a mi lado en varios de los ensayos realizados.

A los hermanos Piedecasas, por brindarme su tiempo y colaboración desinteresada dentro de su establecimiento.

A la Dra. María Laura Boiero, por su apoyo, ayuda y asistencia en el desarrollo experimental de este trabajo. Sin tu auxilio no hubiera podido terminar con la última parte de los ensayos.

A Carolina y Antonella que asistieron esos últimos ensayos, acomodando sus horarios de acuerdo a mis necesidades, también gracias!

A mis amigos ustedes saben quienes son y saben como les agradezco toda la ayuda que me han brindado.

A las personas que cuidaron de mis hijos mientras no estaba en casa y les cambiaba los horarios a cada rato, gracias!

A mi familia, han estado ahí, brindándome tiempos y espacios que debería haber estado con ellos. Fueron el motor para cumplir con este proyecto.

En general quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma han colaborado en la realización de esta tesis.

¡A todos... mi agradecimiento!

RESUMEN

La demanda de alimentos bajos en sodio se incrementa a diario en muchos países puesto que la tendencia de consumo de productos más saludables crece cotidianamente. Entre las distintas categorías de alimentos que contribuyen en mayor medida a la ingesta de sal en la dieta, se encuentran los productos cárnicos. El cloruro de sodio (NaCl) en dichos productos cumple diversas y esenciales funciones por lo cual su reducción debe ser estudiada de forma individual, ya que pueden producirse modificaciones organolépticas, tecnológicas y microbiológicas como consecuencia de su reducción y/o sustitución en la formulación del producto.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de una sustitución parcial de NaCl por cloruro de potasio (KCl) en lomo de cerdo y fiambres cocidos de cerdo para emparedados. Los aspectos evaluados en lomos fueron: fisicoquímicos (pH, pérdida de peso, humedad), bioquímicos (proteólisis y oxidación proteica), microbiológicos (enterobacterias, estafilococos, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras), características sensoriales (para atributos como aspecto, color, aroma, sabor y textura y aceptación general) y parámetros instrumentales de color y textura. En los fiambres cocidos, aspectos fisicoquímicos, instrumentales (color y textura) y sensoriales evaluados fueron los mismos que en los lomos. Microbiológicos fueron: aerobios mesófilos y *E. Coli*. Para la elaboración de ambos productos se aplicaron diferentes tratamientos de salado en los que se reemplazó parcialmente el NaCl. Éstos fueron: Tratamiento I: (testigo) 100 % NaCl, Tratamiento II: 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III: 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

Con respecto a los resultados de los lomos salados, no manifestaron diferencias significativas los parámetros fisicoquímicos estudiados entre el Tratamiento testigo y los tratamientos con las sustituciones por KCl.

Los resultados microbiológicos no revelaron diferencias significativas para cada microorganismo evaluado entre las diferentes formulaciones de sal aplicadas.

El aroma y textura fueron los dos atributos sensoriales afectados por la reducción de NaCl. El tratamiento con mayor sustitución por KCl (60 %) obtuvo las mejores puntuaciones de apariencia, color y aroma. Además, dicho Tratamiento (IV), fue el preferido por los consumidores (29 %), luego del control (32 %). En relación al rechazo de algún tratamiento por los panelistas, los resultados fueron positivos, ya que el 57 % consideró que ninguna de las formulaciones debía ser rechazada, siendo el Tratamiento IV (el menos objetado y el Tratamiento III el más rechazado). El análisis sensorial expuso que las muestras en general fueron bien valoradas por el panel de catadores.

En cuanto a los resultados del análisis de proteólisis, los perfiles obtenidos de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares fueron muy similares en todas las formulaciones. Se observó en ambos perfiles una menor intensidad en algunas bandas para el Tratamiento II. Se lograron identificar ciertas bandas en el perfil de ambas proteínas. Además, en los perfiles electroforéticos de ambas proteínas se observó una degradación de algunas bandas para Tratamiento II.

En el análisis de textura se observaron diferencias significativas en cohesividad y elasticidad. El Tratamiento II obtuvo mayores valores de dichos parámetros con respecto al resto de los tratamientos. Coincidentemente, en el análisis sensorial el panel encontró disconformidades de textura en dicho tratamiento.

En la evaluación instrumental de color, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los parámetros a^* y b^* en las cuatro formulaciones

estudiadas. Sin embargo, hubo diferencias para el parámetro L*. La media para el Tratamiento I (control) es menor que cualquiera de los otros tratamientos.

Los resultados de los fiambres cocidos para emparedados reflejan que no existen diferencias significativas en pH, humedad y carga microbiana en los productos de los cuatro tratamientos de salado. Se encontraron diferencias significativas en algunos parámetros de color y textura. No hubo diferencias en atributos sensoriales por parte del panel.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis demuestran que es posible elaborar productos cárnicos de cerdo salados curados y cocidos más saludables, sensorialmente aceptables y seguros con un reemplazo considerable de sodio, 60% en lomos y hasta 50% en fiambres.

PALABRAS CLAVE: lomo de cerdo, fiambre cocido, sal, sodio, reducción, sustitución, calidad, aceptabilidad.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	5
Lista de Figuras.....	9
Lista de Tablas.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. FUNDAMENTOS.....	15
3.1 ANTECEDENTES.....	15
3.1.1 La carne de cerdo y su transformación.....	15
3.1.2 Mercado argentino.....	18
3.1.2.1. Importancia socio-económica de la cadena porcina a nivel nacional	18
3.1.2.2. Destino de la producción de carne porcina	19
3.1.2.3. Caracterización de la Cadena Porcina	20
3.1.2.4. Industria de chacinados y salazones (segunda transformación)	21
3.1.2.5. Perspectivas	23
3.1.3 Capacidad Funcional de la Carne.....	25
3.1.4 El Proceso de Salado.....	26
3.1.5 Evolución de los Productos Cárnicos Curados durante el Secado- Maduración.....	30
3.1.5.1 Parámetros físico-químicos.....	
3.1.5.1.1 Humedad y actividad de agua.....	
3.1.5.1.2 pH.....	
3.1.5.1.3 Desarrollo de color.....	
3.1.5.2 Fracción proteica.....	
3.1.5.2.1 Evolución de las fracciones nitrogenadas.....	
3.1.5.2.2 Proteólisis.....	
3.1.5.3 Fracción lipídica.....	
3.1.6 Evolución de los Productos Cárnicos Cocidos.....	39
3.1.7 La sal en la historia.....	40
3.1.8 Sal y salud.....	41
3.2 INDUSTRIA ALIMENTARIA EN LA REDUCCIÓN DE SODIO.....	44
3.2.1 Reducción del contenido de sodio en productos cárnicos.....	45
3.2.2 Evaluación de la calidad sensorial de productos cárnicos curados.	48
3.3 PROCESOS DE ELABORACIÓN.....	51
3.3.1 Lomo Salado.....	51
3.3.2 Fiambre de Cerdo Cocido para Emparedados.....	54
4. METODOLOGÍA.....	56
4.1. MATERIALES.....	56
4.1.1. Materias Primas.....	56
4.1.2. Reactivos, aditivos y otros ingredientes.....	57
4.2. MÉTODOS.....	57
4.2.1 Procedimiento de Elaboración de Lomo Salado.....	57
4.2.2 Procedimiento de Elaboración de Fiambre de Cerdo Cocido.....	59
4.2.3 Determinación de pH.....	60
4.2.4 Determinación de humedad.....	61
4.2.5 Determinaciones microbiológicas.....	61
4.2.6 Análisis Sensorial.....	61
4.2.6.1 Prueba de nivel de agrado.....	62
4.2.6.2 Prueba de aceptación y preferencia.....	62
4.2.7 Análisis de proteólisis.....	62
4.2.7.1. Extracción de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares.....	62
4.2.7.2. Determinación de concentración de proteína por M. de Bradfor	63
4.2.7.3. Electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)	63

4.2.8	Medición del color	64
4.2.9	Análisis del perfil de textura	64
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
5.1	pH	65
5.1.1.	Lomos Salados	65
5.1.2.	Fiambres Cocidos para Emparedados	67
5.2	Humedad	67
5.2.1.	Lomos Salados	67
5.2.2.	Fiambres Cocidos para Emparedados	69
5.3	Análisis microbiológicos	70
5.3.1.	Lomos Salados	70
5.3.2.	Fiambres Cocidos para Emparedados	71
5.4	Análisis sensorial	71
5.4.1.	Lomos Salados	71
5.4.2.	Fiambres Cocidos para Emparedados	74
5.5	Efecto de los tratamientos de salado sobre la proteólisis de lomos	76
5.6	Color	78
5.6.1.	Lomos Salados	78
5.6.2.	Fiambres Cocidos para Emparedados	79
5.7	Textura	80
5.7.1.	Lomos Salados	80
5.7.2.	Fiambres Cocidos para Emparedados	80
6.	CONCLUSIONES	81
7.	REFERENCIAS	82
	ANEXOS	91

Lista de Figuras

Figura		Página
1	Exceso de sodio. Alteraciones independientes del aumento de volumen.	12
2	Ubicación del corte lomo y otros cortes.	16
3	Evolución de la carne porcina.	19
4	Flujograma cadena porcina.	20
5	Evolución de la producción de chacinados y salazones en miles de Tn.	22
6	Evolución del porcentaje magro de la carne porcina.	24
7	Cinética de evolución del pH en diversos tipos de carne. Carnes PSE, normal, DFD.	26
8	Ciclo del color en las carnes curadas.	32
9	Coloración de la carne según molécula de pigmento presente.	32
10	Esquema de la cadena proteolítica implicada en la degradación de las proteínas musculares.	36
11	Formación de puentes de unión ditirosina.	38
12	Detección de grupos carbonilo usando DNPH.	38
13	Resumen de la Hipótesis de Guyton para explicar el desarrollo de Hipertensión Arterial Salsensible.	43
14	El flavour de un producto cárnico salado curado es el resultado de la percepción conjunta del sabor, olor y textura.	46
15	Diagrama de flujo del proceso de lomo salado.	53
16	Diagrama de flujo del proceso de fiambre de cerdo cocido.	56
17	Lomo de cerdo utilizado en las experiencias.	56
18	Unidades obtenidas a partir de un lomo.	57
19	Picado de recortes para elaboración de fiambres.	57
20	Unidades identificadas y listas para ser llevadas a cámara.	58
21	Lomos al inicio de Etapa Secado-Maduración.	58
22	Marcador de Peso Molecular de Proteínas no teñido.	64
23	Evolución del pH durante el proceso de transformación de lomo fresco a lomo salado y curado con 4 formulaciones de sal diferentes.	67
24	Evolución de la pérdida de peso durante su secado-estacionamiento de los lomos con 4 formulaciones de sal diferentes.	69
25	Perfil sensorial de los lomos salados con cuatro Tratamientos de salado.	72
26	Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del lomo salado con cuatro formulaciones diferentes.	73
27	Porcentajes obtenidos en la prueba de rechazo de consumidores del lomo salado con cuatro formulaciones diferentes.	73
28	Perfil sensorial de los fiambres cocidos salados con cuatro tratamientos de salado.	75
29	Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del fiambre cocido con cuatro formulaciones diferentes.	75

30	Porcentajes obtenidos en la prueba de rechazo de consumidores del fiambre cocido con cuatro formulaciones diferentes.	76
31	SDS-PAGE al 12 % de las proteínas sarcoplásmicas de lomos salados con 4 formulaciones de sal diferentes.	77
32	SDS-PAGE al 12 % de las proteínas miofibrilares de lomos salados con 4 formulaciones de sal diferentes.	77

Lista de Tablas

Tabla		Página
1	Contenido de sodio en alimentos procesados (2007) y las recomendaciones de la Food Standards Agency (FSA) para el año 2010.	12
2	Cantidad de plantas elaboradoras y su participación por provincia y por región.	21
3	Integración de la producción de chacinados y salazones 2010.	23
4	Proteínas miofibrilares del músculo esquelético.	34
5	Directrices de la ingesta de sal marcadas por el "Scientific Advisory Committee on Nutrition" (SACN).	42
6	Tabla de Reducción voluntaria y progresiva del contenido de sodio en productos cárnicos y sus derivados.	45
7	Tratamientos de salado aplicados.	59
8	Formulación aplicada.	59
9	Composición de la salmuera utilizada en la elaboración de los fiambres cocidos.	60
10	Escala hedónica utilizada en este trabajo.	62
11	Valor de pH de producto final de los 4 tratamientos de salado evaluados en lomos.	67
12	Valor de pH de producto final de los 4 tratamientos de salado evaluados en fiambres.	67
13	Valores medios (\pm Desviación estándar) de merma (%) a los 20 días y Humedad (%) de lomos salados de las cuatro formulaciones aplicadas.	69
14	Valores medios (\pm Desviación estándar) de Humedad (%) de fiambres cocidos de las cuatro formulaciones aplicadas.	69
15	Valores medios (\pm Desviación estándar) de análisis microbiológicos en lomos salados para las cuatro formulaciones aplicadas.	70
16	Valores medios (\pm Desviación estándar) de análisis microbiológicos en fiambres cocidos para las cuatro formulaciones aplicadas.	71
17	Análisis Sensorial de los lomos salados con las cuatro formulaciones diferentes.	72
18	Análisis Sensorial de los fiambres cocidos con las cuatro formulaciones diferentes.	74
19	Parámetros de color de las cuatro formulaciones de salado sobre los lomos.	78
20	Parámetros de color de las cuatro formulaciones de salado sobre los fiambres.	79
21	Parámetros de textura de lomos salados final de las cuatro formulaciones.	80
22	Parámetros de textura de fiambres cocidos con las cuatro formulaciones.	81

1- INTRODUCCIÓN

Diferentes campos del conocimiento, tales como la biología, la ingeniería, la química, la física y la veterinaria son el fundamento de la tecnología de la carne. Esta especialidad permite la aplicación de conocimientos científicos en el área de la producción y el procesado de esta materia prima. Con el transcurso del tiempo fueron transformándose las elaboraciones hogareñas de la carne en una rama del saber con bases científicas.

La carne es material biológico delicado como materia prima. La calidad de los productos obtenidos a partir de ella dependerá de varios factores, tales como, la procedencia de los animales, el proceso de obtención, el procesado, distribución, entre otros¹.

Las salazones se definen como carnes y productos de despiece no picados, que son sometidos a la acción de la sal con o sin otros condimentos, en forma sólida o de salmuera, con el sencillo fin de garantizar su conservación para el consumo². El proceso de elaboración de estos productos puede finalizar con técnicas de adobado, secado y ahumado³. A los que se le agrega además nitritos o nitratos de sodio o potasio se denominan curados⁴. El lomo de cerdo salado se encuentra comprendido dentro de las salazones, de acuerdo a las consideraciones de Código Alimentario Argentino (CAA)² y del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)⁵.

La cocción, otro método de conservación de la carne, prolonga la vida útil de la materia prima. Antes de la cocción se realiza la mezcla de carne con los aditivos e ingredientes correspondientes, siendo la sal uno de los principales, incorporada como salmuera.

Como en general en todos los productos alimenticios, la aceptabilidad de los productos cárnicos, por parte de los consumidores, se debe principalmente a su calidad sensorial. La adición de sal (NaCl) en estos productos juega un rol sustancial en el desarrollo de sus características tecnológicas y sensoriales.

La sal condiciona las reacciones bioquímicas y enzimáticas que discurren durante el proceso de los productos curados, afectando el aroma de los mismos e influyendo en gran medida en la textura final^{6,7}. Además, se adiciona porque aporta un sabor característico a este tipo de salazón.

La sal, especialmente en los productos cárnicos cocidos tiene la función de extraer las proteínas miofibrilares que ayudarán a formar una buena emulsión y un buen producto final. La sal también influencia la retención de agua, el ligado y el rendimiento de los productos embutidos.

Desde hace varios años se llevan a cabo diversos estudios que revelan que el consumo excesivo de sal causa hipertensión (o presión arterial elevada). En el mundo, las enfermedades cardiovasculares son responsables de aproximadamente 17 millones de muertes por año, casi un tercio del total. Entre ellas, las complicaciones de la hipertensión causan anualmente 9,4 millones de muertes. La hipertensión es la causa de por lo menos el 45 % de las muertes por cardiopatías y el 51 % de las muertes por accidente cerebrovascular⁸.

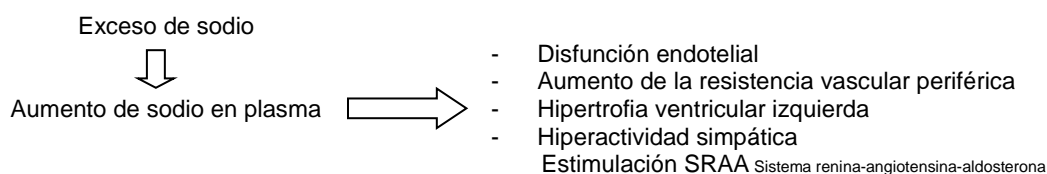


Figura 1. Exceso de sodio. Alteraciones independientes del aumento de volumen. Adaptado de Zehnder ⁹.

En la Figura 1 se observan efectos directos e indirectos de excesos de sodio. Pequeños incrementos del sodio plasmático desencadenan diversas mal funciones y en consecuencia hipertensión arterial.

Como consecuencia de los datos anteriores existen organismos nacionales e internacionales que recomiendan reducir el consumo de sal para prevenir o reducir las incidencias de hipertensión. En 2003 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se comprometieron a promover la reducción de la ingesta de sal. En 2009 la Organización Panamericana de la Salud (OPS), lanzó la “Declaración de la Política para reducir el consumo de sal en las Américas¹⁰.”

En julio de 2013 la Honorable Cámara de la Nación Argentina dio media sanción a la Ley de Reducción del Consumo de Sodio. Con esta media sanción se fortalecen las acciones que se vienen realizando desde hace varios años a través de la iniciativa Menos Sal Más Vida, la cual promueve cambios de hábito en la población y genera acuerdos con la industria alimentaria. La aplicación de la ley regulará el sodio contenido en alimentos fijando sus valores máximos y su progresiva reducción¹¹.

Existe una organización sin fines de lucro, Fundación Interamericana del Corazón - Argentina (FIC Argentina), cuya misión es promover políticas públicas y cambios sociales que garanticen la protección del derecho a la salud a través de la reducción de las enfermedades crónicas no transmisibles.

Para un determinado país se puede conocer de manera sencilla el consumo de sal en toneladas. Sin embargo, no es fácil conocer la cantidad que se destina a la elaboración industrial de alimentos y cuánta a la actividad culinaria. Más dificultades se encuentran si se intenta saber el consumo particular, ya que las diferencias entre individuos son numerosas. A pesar de esto, existen algunos datos como los brindados por la Fundación Interamericana del Corazón – Argentina la cual informa que el consumo diario promedio de sal estimado en Argentina es de 12 g (4800 mg de sodio) siendo el recomendado por la OMS un consumo máximo de 5 g (2000 mg de sodio) diarios. Se calcula que entre el 65 % y el 70 % de la sal que consumimos los argentinos proviene de los alimentos procesados o industrializados. La sal que se agrega al cocinar o en la mesa representa sólo una pequeña parte del consumo diario¹².

A continuación, en la tabla 1 se expone el contenido de sodio de varios alimentos procesados. Se observa claramente que la mayor parte de ellos sobrepasa los valores de consumo de sodio recomendados.

Tabla 1. Contenido de sodio en alimentos procesados (2007) y las recomendaciones de la Food Standards Agency (FSA) para el año 2010¹³.

Tipo de Alimento	Cantidad de muestras	Contenido de sodio (mg/100 g)	Nivel máximo de sodio recomendado por la FSA en 2010
Pan			
Blanco	29	449	400
Integral	13	459	400
Otros	15	448	400
Cereales			
Bajos en fibra	5	618	300
Altos en fibra	27	226	300
Queso			
Curado	23	637	670
Cre moso	16	1183	1170
Fundido	3	282	320
Galletas			

Para el desayuno	13	708	500
Rellenas de chocolate	5	166	280
Aperitivos salados	14	887	500
Productos cárnicos			
Curados y embutidos	10	1101	1000
Salchichas	8	747	550
Bacon	9	1420	1400
Hamburguesas	2	440	400
Pescados			
Conservas de Atún	7	357	300
Conservas de Salmón	2	440	300
Sopas			
En sobre	9	274	280
En conserva	9	329	25
Pizzas	15	405	470
Salsas			
Para pasta	3	439	470
Para el resto de platos	8	539	470
Mayonesas	7	604	600
Conservas de pasta	6	331	300
Conserva de legumbres	13	235	50
Snacks	9	659	600

Si se observa el contenido de sodio de los productos cárnicos, el mismo se encuentra en el límite o excediéndolo del recomendado por FSA para consumo.

Mencionadas anteriormente las funciones que realiza el NaCl resulta especialmente dificultosa la disminución de su concentración en los cárnicos salados. El éxito en la reducción depende de varios aspectos, tales como el tipo de producto, las condiciones de preparación, la composición y el tipo de procesamiento requerido. Todos estos agentes van a determinar las limitaciones tecnológicas a la hora de establecer una disminución del contenido de sal empleada¹⁴. Así pues, para desarrollar productos bajos en sal las industrias de la alimentación y en concreto la industria cárnica dispone de algunas estrategias a seguir:

- Reducción del contenido total de NaCl añadido.
- Sustitución total o parcial del contenido de NaCl por otra/s sal/es (KCl, MgCl₂ y/o CaCl₂).
- Sustitución parcial del contenido de NaCl por sales no cloradas como los fosfatos o bien por otras sustancias como el lactato de potasio o la glicina.
- Modificaciones en los procesos de elaboración.
- Uso de ingredientes que cumplan con las propiedades funcionales que se ven favorecidas con la incorporación de la sal.
- Uso de aditivos que resalten y/o favorezcan sabores.
- Y/o el empleo de varias de estas alternativas simultáneamente.

Todas estas propuestas presentan algunas limitaciones, especialmente en este tipo de producto, ya que la disminución del contenido total de NaCl añadido suele traer problemas tales como una excesiva proteólisis debida a una intensa acción de enzimas endopeptidasas resultando en defectos de textura blanda por ejemplo. Además, las enzimas exopeptidasas pueden actuar sobre los polipéptidos y proteínas generando un excesivo contenido de componentes nitrogenados de bajo peso molecular (péptidos y aminoácidos libres), esto puede originar un flavour desagradable intensificando

sabores amargos y/o metálicos. Otro inconveniente en realizar la disminución del contenido de sal en este tipo de productos parece afectar el fenómeno de lipólisis.

Una alternativa ya evaluada en numerosas investigaciones es la sustitución parcial de NaCl por otras sales solas o combinadas (KCl, CaCl₂, MgCl₂) que contribuyan a las mismas funciones tecnológicas, al mismo tiempo que mantengan sus características sensoriales, obteniendo un producto más saludable y siendo una fuente de minerales importantes y beneficiosos para el organismo. El KCl tiene propiedades similares al NaCl y además la ingesta de K no ha sido relacionada al desarrollo de hipertensión y enfermedades cardiovasculares, a pesar que su adición a productos cárnicos es limitada principalmente por su sabor amargo y astringente¹⁵⁻¹⁷.

Este trabajo se ocupará en particular de dos transformaciones sufridas por la carne, en este caso de cerdo, partiendo de materia prima de calidad y siguiendo las normas higiénicas correspondientes en los procedimientos de elaboración. El modo de transformación, como medio de conservación de la carne, llevado a cabo será el salado en un caso, aplicado al lomo de cerdo y el cocido por otro, también en carne de cerdo.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar la reducción de NaCl, reemplazando a ésta por otra sal. En este caso la sal utilizada para realizar los reemplazos fue KCl.

Posteriormente al análisis de diferentes referencias se aplicaron las siguientes formulaciones: Tratamiento I: (testigo) 100 % NaCl, Tratamiento II: 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III: 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

La evaluación de la reducción de Na y reemplazo por K se realizó sobre diferentes características de lomos de cerdo salados y fiambres cocidos, tales como calidad sanitaria, bioquímica y sensorial del producto final.

2- OBJETIVOS

2.1- OBJETIVO GENERAL:

El objetivo general es evaluar el efecto de la reducción del contenido de sodio en un producto cárnico salado seco y un producto cárnico salado cocido, por sustitución parcial de NaCl por KCl.

2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Aplicar una serie de tratamientos de salado en lomos de cerdo (seleccionados de acuerdo a revisión realizada), en los que se sustituye parcialmente el contenido de NaCl por KCl. Valorar la mejor alternativa de esta serie de tratamientos.
- Aplicar la misma serie de tratamientos de salado a fiambres de cerdo cocidos. Para este otro producto, similarmente, valorar la mejor alternativa de esta serie de tratamientos.
- Evaluar dicha sustitución sobre características de los productos finales, tales como:
 - ✓ Defectos de acabado
 - ✓ Sabores extraños y/o desagradables
 - ✓ Problemas sanitarios

3- FUNDAMENTOS

3.1- ANTECEDENTES

3.1.1- La carne de cerdo y su transformación

Desde tiempos remotos se ha realizado la transformación de la carne con el fin primordial de conservarla por períodos largos de tiempo y poder consumirla más adelante. El uso de la sal está ya documentado en el año 2670 a.C., que coincide en la época del emperador chino Hiangdi, con el hallazgo de la primera salina. Inmediatamente después comienzan a comercializarse carnes y pescados sazonados. Los antiguos egipcios, que obtenían la sal del desierto, ponían las carnes en salazón para almacenarlas¹⁸.

Ya en la Edad Media, la fabricación de embutidos tuvo un auge enorme en muchos sitios europeos. Esa es la razón por la que muchos embutidos portan el nombre del lugar que les vio nacer.

Los países latinoamericanos arrastran mucha tradición española como consecuencia de la conquista y del asentamiento de población de España, al que luego se unieron otras remesas importantes de emigrantes como italianos, alemanes o suizos, además de libaneses y judíos.

El chorizo es muy popular en México, tierra donde el empleo de los chiles picantes es habitual. Tiene color rojo como en España, a diferencia del chorizo criollo de otros países del área que son incoloros o más parecidos a las salchichas en aspecto.

Argentina y Uruguay se caracterizan por sus embutidos y en sus populares asados abundan el chorizo, la morcilla, el chorizo criollo y la salchicha parrillera. La influencia italiana es también importante con el popular salami.

En Colombia, el chorizo rojo es servido con arepas (pan de maíz). Los colombianos transforman el cerdo en embutidos secos, cávanos, butifarras (originarias de Cataluña) y salchichón¹⁹.

Convertir la carne en embutidos y productos curados, permite sin duda la conservación, pero fundamentalmente produce en la carne un sabor especial y particular.

Según el método, el sabor se puede variar mediante el empleo de especias, el modo de presentación, el grado de salazón, curación, desecación y ahumado. Dentro de las salazones se encuentran, en primer lugar, los jamones, que cuando se desarrolla con determinada raza de cerdo y ciertas condiciones de proceso, son el producto de alta calidad gastronómica, de más valor dietético y de sobresaliente composición nutricional que se puede encontrar en la gastronomía mundial²⁰. Existen dentro de esta misma categoría, productos como la bondiola, el lomo, la panceta y el tocino, entre otros.

La calidad de los productos elaborados, depende de la correcta utilización y de la calidad de las materias primas, además de las adecuadas prácticas de elaboración de los mismos. A continuación, se describen brevemente las materias primas importantes para los procesos que fueron los desarrollados en el presente estudio:

Carne: La carne es el tejido muscular de los animales. Para elegir la carne debe tomarse en cuenta su color y su estado (que no haya descomposición); la carne debe provenir de animales sanos, a los que se ha debido dejar reposar tras las condiciones adversas que suponen necesariamente la selección o transporte, que provocan miedo, fatiga, excitación, etc. y tratados higiénicamente durante su matanza. La carne de cerdo es la que más se usa para estos fines, aunque se puede utilizar todo tipo de animal.

Uno de los principales factores que determina la aptitud de la carne para ser transformada en productos elaborados es el pH. Este factor influye en las propiedades funcionales de la carne, tales como capacidad de retención de agua, solubilización de proteínas, etc.; en el color, y la susceptibilidad de la carne al ataque microbiano.

En condiciones normales, inmediatamente después del sacrificio el músculo presenta valores de pH próximos a 7. A medida que avanzan los procesos posmortem el glucógeno se va degradando dando lugar a la formación de ácido láctico, acidificándose de este modo la carne. El pH final dependerá de numerosos factores, tales como especie, tratamientos antemortem, temperatura, etc. En productos crudos, valores de pH de 5,4 – 5,8 resultan adecuados; niveles superiores a 6,2 suponen que la carne no debe destinarse a su elaboración, ya que son más fácilmente atacables por microorganismos y, además, tienen inferior consistencia. Para productos tratados con calor, especialmente a base de emulsiones, se ha descrito que la carne, antes de alcanzar el estado de «rigor mortis», da lugar a embutidos de mayor calidad como consecuencia de su elevada capacidad de retención de agua y mejores propiedades emulsionantes²¹.

En el desarrollo de este trabajo la pieza utilizada para elaborar el lomo salado fue el lomo de cerdo. Este corte es uno de los más magros de este animal. Por su bajo contenido de grasa, excelente calidad de proteínas y minerales, su contenido y composición de ácidos grasos es adecuado para una dieta saludable. En la Figura 2 puede observarse la ubicación del lomo dentro de los cortes de cerdo.

Esta pieza con hueso se utiliza como corte fresco para consumo directo como chuletas. Deshuesado también es utilizado para asar, freír, etc. Y en charcutería se puede utilizar para elaborar embutidos y entero para adobar o curar²².

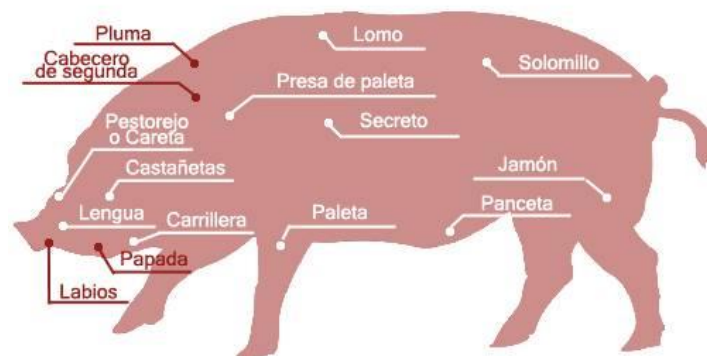


Figura 2. Ubicación del corte lomo y otros cortes de cerdo²³.

Para la elaboración del fiambre cocido de cerdo se utilizaron recortes de carne de cerdo, principalmente provenientes de la paleta y otros cortes no utilizados para venta de frescos o elaboraciones de productos especiales. Este corte como pieza completa se utiliza para la elaboración de paleta cocida. Ver Figura 2.

Sal común: Se utiliza con los siguientes objetivos: prolongar el poder de conservación, mejorar el sabor de la carne, aumentar el poder de fijación de agua y favorecer la penetración de otras sustancias curantes. El tema de las funciones de la sal en productos cárnicos es ampliado en el apartado 3.1.4.

Otros ingredientes: Las especias y condimentos son sustancias aromáticas de origen vegetal que se agregan a los productos cárnicos para conferirles sabores y olores peculiares. Según el producto a elaborar serán los ingredientes a utilizar. La lista

es larga: pimienta blanca, pimienta negra, pimentón, laurel, jengibre, canela, clavos de olor, comino, mejorana, perejil, nuez moscada y tomillo, entre otros.

Otras sustancias que se usan frecuentemente en la elaboración de productos cárnicos son:

- Azúcar: facilita la penetración de sal y suaviza su sabor. Además, se añaden para favorecer la flora del curado, ya que los microorganismos acidificantes metabolizan los azúcares como sustrato.
- Antioxidantes: ácido ascórbico y sus sales.
- Conservadores.
- Sabores y colores especiales: ayudan a mejorar la presentación final del producto¹⁸.

No todos los ingredientes mencionados fueron utilizados en la formulación llevada a cabo. En el apartado 4.2.1 se expone la fórmula de ingredientes empleados en el presente estudio.

Sales curantes: Constituyen un ingrediente fundamental en el proceso de conservación de las carnes. Se dividen en nitratos y nitritos. Estos ayudan al proceso de curado de las carnes, mejoran el poder de conservación, el aroma, el color, el sabor y la consistencia. Además, sirven para obtener un mayor rendimiento en peso, porque tienen una capacidad fijadora de agua. El nitrato como tal no posee efecto inhibitor de los microorganismos. Es necesario que los microorganismos adecuados (flora del curado) lo reduzcan a nitrito. El nitrito ejerce una acción claramente bactericida, ya sea el mismo originado por acción microbiana a partir de nitrato o que se haya añadido en forma de nitrito.

Los diferentes microorganismos son diferentemente sensibles al nitrito. Los micrococos, que reducen el nitrato a nitrito presentan elevada tolerancia al nitrito. También los enterococos (*Streptococcus faecium* y *Streptococcus faecalis*) y las especies de *Lactobacillus* resisten bastante bien las concentraciones de nitrito habituales en productos cárnicos. Las especies de *Pseudomonas*, *Escherichia coli* y los coliformes, así como las especies de *Bacillus* y de *Clostridium*, se inhiben, por el contrario, en mayor o menor grado en presencia del nitrito. La acción inhibitora depende del valor de pH que presente el medio. Cuanto más bajo sea el pH, mayor será el efecto inhibitor del nitrito, y viceversa. En la zona de pH 5,5 y por encima de este valor se necesitan, para inhibir el crecimiento, concentraciones de nitrito más elevadas de las que se alcanzan mediante la sal curante añadida habitualmente. En productos cárnicos que presentan un valor superior a 5,5 de pH no se consigue, por la simple adición de nitrito, inhibir el desarrollo por ejemplo del *Staphylococcus aureus*. No obstante, al combinarse el curado con otros métodos conservantes se logra la estabilidad y el grado de higiene adecuado de los productos. En el caso de los cárnicos curados se ejerce la acción bactericida sobre los microorganismos indeseados combinando la acción del nitrito con una bajada del pH, o reduciendo el valor de actividad de agua (a_w) e incrementando la concentración de sal^{1,24}.

El curado utilizando nitrato requiere de la existencia de una determinada flora nitrato-reductora. Los microorganismos nitrato-reductores más importantes en los productos cárnicos son los micrococos. También algunas cepas de *Streptococcus faecium* reducen los nitratos. Existen otros muchos microorganismos nitrato-reductores, pero son indeseados debido a que son patógenos, por ejemplo, los *estafilococos* (del grupo serológico D con capacidad proteolítica).

Pertencen también a la flora del curado los lactobacilos y algunas estreptobacterias atípicas como *Leuconostoc* y *Pediococcus*. Estos microorganismos producen durante el curado ácidos a partir de los hidratos de carbono, fundamentalmente ácido láctico, mejorando el efecto bactericida del nitrito y creando un medio más inhóspito para el desarrollo de gérmenes deteriorantes del producto, en especial de los proteolíticos.

Los microorganismos colaboran adicionalmente en la formación del aroma específico mediante la liberación moderada de determinados productos de desdoblamiento de las proteínas (aminoácidos y péptidos) y de las grasas (carbonilos).

Los productos que se curan sólo con sal de nitrito no requieren la flora nitratorreductora. En estos predominan las especies de *Lactobacillus*, y también los enterococos como *Leuconostoc* y *Pediococcus* pueden existir en gran número.

Se pueden evidenciar, además de las especies microbianas citadas, otros gérmenes, por ejemplo, especies de *Achromobacter* y *Pseudomonas*, sarcinas, levaduras e incluso especies de *Escherichia*, que pueden aceptarse como microorganismos de maduración. A estos se les atribuyen características principalmente de producción de aroma. Otro gran número de microorganismos pueden contribuir a la formación de aroma. No existe ninguna especie que sea responsable en forma aislada del aroma del tipo de producto en cuestión. La producción de aroma es en todos los casos el resultado de los procesos de desdoblamiento de las proteínas, de las grasas y de los hidratos de carbono. Estos procesos deben ser moderados para evitar alteraciones del sabor y del olor, y fenómenos de putrefacción¹.

3.1.2- Mercado argentino

La inserción de la producción agroalimentaria argentina en los mercados nacionales e internacionales, el aseguramiento de la calidad e inocuidad de los alimentos y la identificación de oportunidades y puntos críticos en el funcionamiento de los sistemas agroalimentarios/agroindustriales, constituyen temas de permanente preocupación tanto en el ámbito empresarial y académico como en el de los institutos de investigación públicos y privados, dado el importante papel que juega la producción agroalimentaria en el consumo interno y la generación de divisas dentro de la estrategia global de desarrollo del país.

De esto se desprende la necesidad de generar información estratégica sobre las tendencias de mercados, la dinámica del comportamiento de los sistemas agroalimentarios/agroindustriales, la caracterización de sus principales actores, sus estrategias y formas de coordinación, así como los desafíos y oportunidades en las cadenas de valor (tecnológicas, productivas, organizacionales), tratando de generar una mayor articulación de los actores públicos y privados de los sistemas nacionales o regionales de innovación.

3.1.2.1. Importancia socio-económica de la cadena porcina a nivel nacional

Hasta fines de la década del '80 la producción porcina en la Argentina se caracterizó por ser una actividad secundaria en las explotaciones agropecuarias, en general en manos de pequeños productores. Los índices productivos nacionales logrados por esos años se encontraban por debajo de los niveles alcanzados por los principales países productores. A esto se sumaba un mercado inestable y errático lo que se reflejaba en ciclos en los cuales se producían marcados cambios de precios y volúmenes comercializados, que desalentaban la producción. Sin embargo, hasta mediados de esa década el país producía prácticamente el total de lo requerido por el mercado local.

En los '90, esta actividad fue una de las más afectadas dentro del sector agropecuario. A partir de la implementación del plan de convertibilidad, el tipo de cambio (\$1=1U\$S) ocasionó un aumento del costo por kilo de carne de cerdo producido, a lo que se sumó el ingreso de productos importados (cortes de jamón, paleta y tocino) principalmente desde Brasil, debido a la nueva situación de apertura de la economía reinante en la Argentina. Pero también se dio en el sector un importante cambio tecnológico y de gerenciamiento. Los sistemas de producción fueron intensificados, se introdujo mejora genética en los rodeos y se formularon raciones

acordes a las necesidades de cada categoría, con esto se logró mejorar los índices productivos y aumentar la calidad de la producción. A esto se sumó el estatus sanitario Libre de Peste Porcina Clásica (en 2004).

La salida de la convertibilidad, en 2002, generó nuevas perspectivas al sector porcino nacional. El encarecimiento de las importaciones se tradujo en un incremento del precio del cerdo en el mercado interno, lo cual contribuyó a una mejora sustancial en la rentabilidad de la actividad primaria. Ello se tradujo en un aumento de la producción, con una tendencia creciente de sustitución de importaciones. En la Figura 3 puede observarse la evolución positiva en los últimos años de la producción de carne porcina.

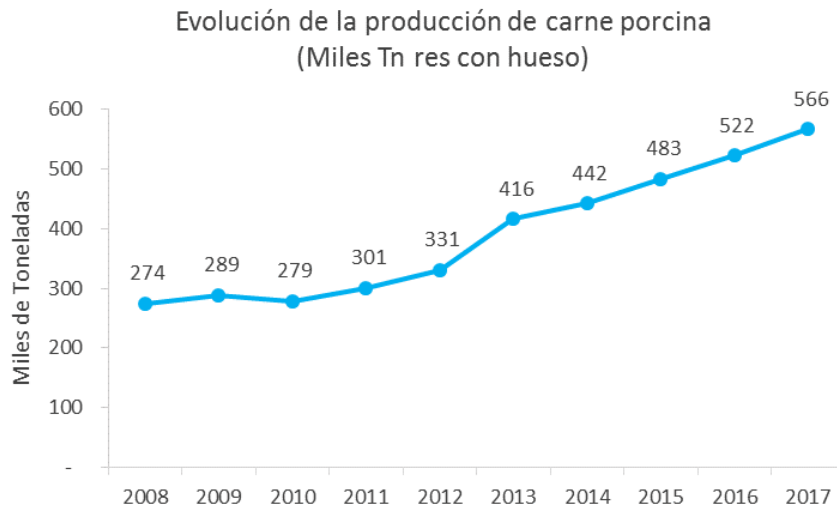


Figura 3. Evolución de la carne porcina²⁵.

El sector porcino se caracteriza por presentar una gran heterogeneidad, tal es así que en la producción primaria poco más del 95 % de los productores de cerdos son pequeños a medianos (desde menos de 10 madres a hasta 250 madres). Al considerar la industria procesadora de carne, se evidencia que alrededor del 65 % de la faena se encuentra en manos de tan solo las diez principales firmas, valor que se incrementa al 82% si se tienen en cuenta las primeras veinte.

Como consecuencia del escenario favorable que se viene dando en los últimos años, es que se observan inversiones tanto en la ampliación de criaderos intensivos como en las plantas elaboradoras por parte de las principales empresas integradas, tales como Cabaña Argentina, Paladini, Calchaquí e internacionalizadas (Campo Austral, etc). Esta estrategia está siendo asumida también por firmas de menor dimensión relativa a escala regional (Cagnoli por ejemplo)^{26,27}.

3.1.2.2. Destino de la producción de carne porcina

Entre 2000 y 2010 la producción de carne (en toneladas) creció cerca del 28 %, alcanzando al terminar la década 3,2 millones de cabezas procesadas y 281.250 toneladas de carne. En el mismo período, el consumo per cápita aumento a una tasa de crecimiento anual acumulada de 0,36 %, pasando de 7,83 kg a 8,12 kg por persona (crecimiento del período 4 %). Creciendo aún más ya que en 2016 fue de 12,7 kg y en 2017 de 14,05 kg/ hab/ año²⁵.

El principal destino de la producción nacional de la carne porcina en 2010 fue el mercado interno; se enviaron para consumo 277.455 toneladas que representa casi el 99 % de lo producido, a lo que se le debe sumar las toneladas importadas, que para ese año fueron 48.080 toneladas, un 29 % menos que las comercializadas a

comienzos de la década. El consumo interno creció a una tasa promedio anual acumulada del 1,23 % logrando así 325.535 toneladas^{28,29}.

3.1.2.3. Caracterización de la Cadena Porcina

En el flujograma de la Figura 4 se muestra la circulación del producto desde su origen en los establecimientos pecuarios hasta su consumo final, siendo el mercado interno el principal destino (más del 98 %).

El punto de inicio de la cadena porcina es la producción primaria, integrada por establecimientos productores de genética, granjas de cría, recría e internada (ciclo completo) y los internadores que se encargan de la terminación de los capones. Existe una gran heterogeneidad a este nivel, donde co-existen pequeños productores con menos de 10 cerdas en producción y las grandes granjas comerciales con más de 500 madres.

El 87 % de la hacienda (2.807.076 porcinos) que sale de los establecimientos es comercializada a través de la modalidad Directo de Frigorífico, donde el comprador de la industria contacta personalmente a cada productor (sin intermediario). La segunda forma que encuentran los frigoríficos para hacerse de materia prima es por medio de la producción propia, modalidad que concentra 290.387 cabezas. A través de la figura Intermediario representado por el acopiador, consignatario y los remates feria, son vendidas 129.061 cabezas.

El eslabón de la industria está constituido por el Frigorífico (matadero frigorífico, matadero municipal y matadero rural) encargado de la faena y/o desposte de los animales y por la industria elaboradora de chacinados y salazones. En el país existen 178 plantas frigoríficas habilitadas con actividad registrada (2010) y 392 plantas procesadoras de chacinados y salazones^{26,30}.

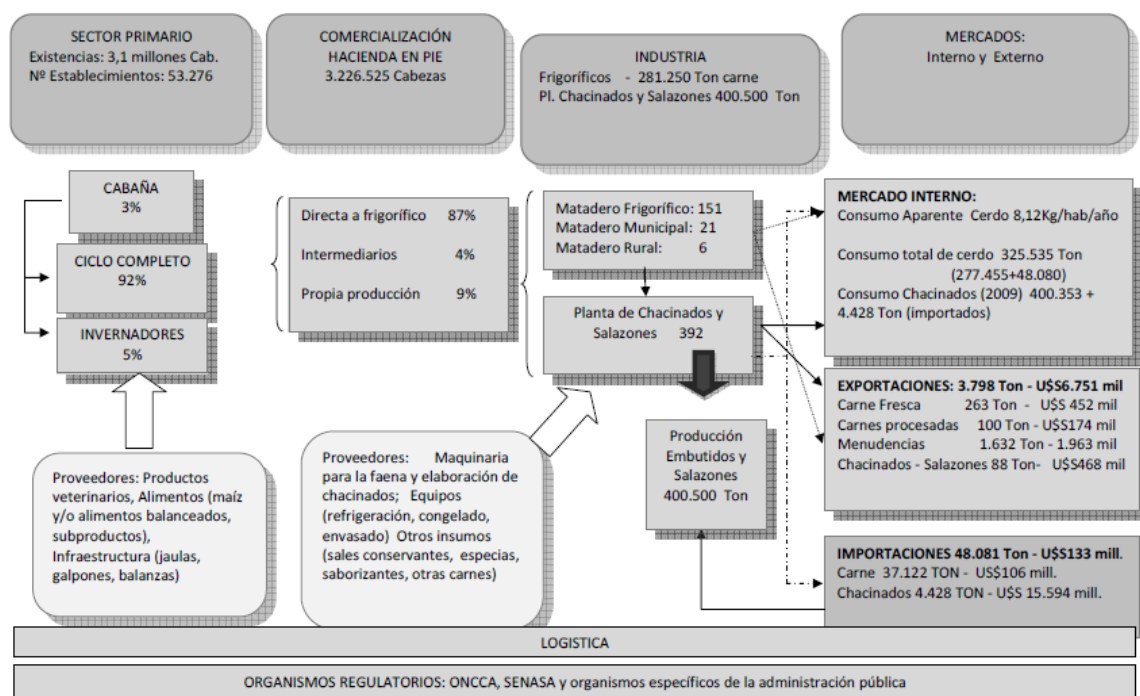


Figura 4. Flujograma cadena porcina²⁶.

De las 277 mil toneladas de carne porcina que permanecen en el mercado interno, alrededor del 10 % se consume como carne fresca, el resto es materia prima para la industria de segunda transformación que elabora cerca de 400 mil toneladas chacinados y salazones (2009). En 2017 el destino se distribuyó 50/50 entre la industria de chacinados y el canal fresco²⁵.

La carne fresca llega al consumidor final, mayoritariamente de la mano del comercio minorista que está representado por la carnicería y en menor medida a través las grandes superficies (supermercados). La industria chacinera, por su parte, tiene otra modalidad al momento de comercializar su producción, en ella el mayorista es el canal más importante, seguido por el supermercado y por el minorista tradicional. Asimismo, hay que destacar los comercios de venta de “Delicatesen”, que son el principal canal de venta de las pequeñas firmas chacineras que elaboran en forma “artesanal” sus productos, menos aditivos adicionados y más mano de obra manual.

Como ya fuera mencionado, las exportaciones porcinas son poco relevantes ya que las mismas no llegaron a las 4 mil toneladas en el año 2010. Por otro lado, las importaciones, principalmente de carne fresca, alcanzaron en ese mismo año a las 48 mil toneladas.

Los eslabones accesorios a la cadena principal son los proveedores de insumos para la producción primaria (alimentos, infraestructura, servicio veterinario) y para la industria, tanto frigorífica como chacinera, que contribuyen al mejoramiento de la productividad y la calidad de los productos obtenidos^{26,30}.

3.1.2.4. Industria de chacinados y salazones

La industria de chacinados en Argentina nace con características sumamente “artesanales” y que pasaron a ser bien específicas a inicios del siglo XX, lo que la diferenció de la industria frigorífica. Esa actividad familiar y doméstica es sus comienzos, dio origen a la comercialización de los “fiambres”, con una aceptación inmediata del público, convirtiéndose posteriormente en una industria cuyo mercado es muy amplio y exigente. El propósito de la misma es transformar los cortes porcinos en productos con alto valor agregado, a través de distintos procedimientos de conservación como son el salado, ahumado, secado, cocción, enfriado, etc.

La industria de chacinados y salazones en nuestro país cuenta con 392 plantas elaboradoras con habilitación registrada. La región Pampeana es responsable del 88 % de las plantas, en la cual se destaca la provincia de Buenos Aires que participa con el 50 % a nivel nacional y con el 57 % de la región. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires con 65 plantas participa con el 19 % dentro de la región. Por su parte, Santa Fe y Córdoba con 48 y 29 plantas respectivamente son responsables del 22 % de los establecimientos regionales. Estos datos se pueden observar en la Tabla 2. También en dicha industria existe un sinnúmero de plantas elaboradoras que no cuenta con habilitación.

Tabla 2. Cantidad de plantas elaboradoras y su participación por provincia y por región²⁶.

Fábrica de Chacinados y Salazones	N° Plantas	Participación Regional	Participación Nacional
Buenos Aires	194	57 %	49 %
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	65	19 %	17 %
Santa Fe	48	14 %	12 %
Córdoba	29	8,5 %	7,4 %
Entre Ríos	5	1,5 %	1,3 %
La Pampa	2	0,6 %	0,5 %
PAMPEANA	343	100 %	88 %
Mendoza	24	100 %	6,1 %
CUYO	24	100 %	6,1 %
Salta	1	17 %	0,3 %
Tucumán	5	83 %	1,3 %
NOA	6	100 %	1,5 %
Misiones	3	38 %	0,8 %

Chaco	5	63 %	1,3 %
NEA	8	100 %	2 %
Neuquén	5	45 %	1,3 %
Río Negro	4	36 %	1 %
Chubut	2	18 %	0,5 %
PATAGONIA	11	100 %	2,8 %
TOTAL	392		100 %

Las 10 empresas de mayor dimensión controlan el 58 % del mercado, si bien informes del sector privado de la industria anuncian que el 70 % de lo producido está en manos de tan solo 5 empresas, entre las que se encuentran Cabaña Argentina, Paladini y Calchaqui³¹.

Del total de plantas (392), únicamente el 47 % poseen habilitación de SENASA para el tránsito federal, en tanto que los restantes establecimientos son pequeñas firmas que operan mayormente en el circuito informal.

Desde comienzos de la década de los '90 hasta el 2001 la producción de chacinados y salazones se mantuvo en niveles constantes alrededor de las 300 mil toneladas (Figura 5). En 2002, como consecuencia de la crisis económica de fines de 2001, esta industria también se vio afectada alcanzando tan solo a elaborar 238 mil toneladas. En los años posteriores, hasta el 2007 inclusive, la producción creció a una tasa media anual del 12 %, logrando las 400 mil toneladas que se mantuvieron estables hasta 2010^{26,27,28}. En los años posteriores, como también puede observarse en la Figura 5, se fue incrementando la producción alcanzando las 531 mil toneladas.

La Industria elaboradora produce una gran variedad de productos los cuales se encuentran integrando dos grandes grupos, Chacinados y Salazones.

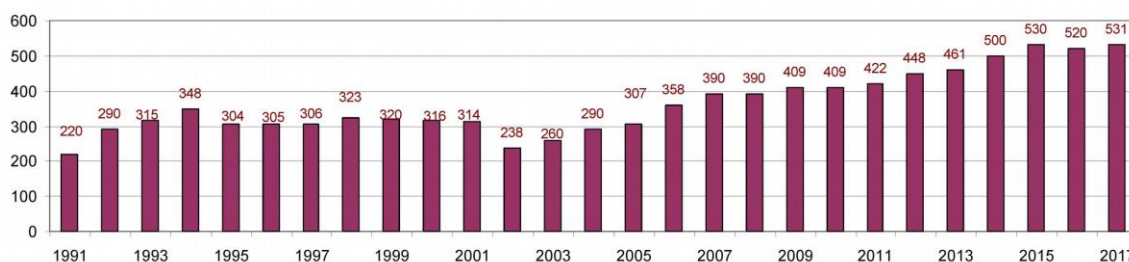


Figura 5. Evolución de la producción de chacinados y salazones en miles de Tn³¹.

Según el reglamento de inspección de productos y subproductos de origen animal, Decreto 4238/68- SENASA, se entiende por Chacinados: los productos preparados sobre la base de carne y/o sangre, vísceras u otros subproductos animales, adicionados o no con sustancias aprobadas para tal fin. Estos pueden ser Embutidos (frescos, secos, cocidos) y No Embutidos (cocidos y frescos).

Por su parte se entiende las Salazones los órganos, trozos de carne o han sufrido un proceso destinado a su conservación mediante la sal, adicionada en forma masiva acorde a la tecnología del producto a elaborar, como ya ha sido definido en la Introducción. La salazón a que se someten los productos puede ser seca (cloruro de sodio) o húmeda (salmuera). La elaboración puede concluirse con el ahumado. A su vez las Salazones pueden clasificar en Cocidas y Secas.

Hubo un reordenamiento que se produjo tanto en salazones cocidas primero (2008) y posteriormente en las salazones secas (2011), en las denominaciones de venta de los productos. En efecto la reglamentación vigente en el Código Alimentario Argentino (CAA), permite diferenciar a las salazones cocidas como Jamón cocido, Paleta de cerdo cocida, y Lomo de cerdo cocido, de los fiambres "sucedáneos" que no son salazones sino chacinados. En cuanto a las salazones secas cabe mencionar la

diferenciación que se logró incluir al CAA de las salazones Jamón Crudo, Jamón Crudo Reserva y Jamón Crudo Argentino de su sucedáneo, Pernil (de cerdo)^{26,29}. Se estima que la producción de chacinados y salazones durante 2010 estaba conformada principalmente por los siguientes productos, como se muestra en el Tabla 3.

Tabla 3. Integración de la producción de chacinados y salazones 2010³¹.

Productos	Toneladas	Participación
Salazones cocidas	85953	21 %
Salchichas tipo viena	85953	21 %
Embutidos cocidos	61395	15 %
Embutidos frescos	53209	13 %
Hamburguesas	53209	13 %
Embutidos secos	40930	10 %
Salazones secas	12279	3 %
Otros	16372	4 %
TOTAL	409300	100 %

Del total de carne porcina producida durante 2010 el 50 % tuvo como destino la industria chacinera, en tanto que la otra mitad se consumió como carne fresca. Según estimaciones de CAICHA³¹, hubo un importante crecimiento en el consumo de carne de cerdo por el canal fresco a partir de mediados del año 2007. A partir de entonces el consumo que había sido de 1 Kg/hab/año, se ubicó en 4 Kg/hab/año.

En Argentina existen tres zonas típicas de producción de chacinados y salazones, ellas son Tandil en Buenos Aires, Oncativo y Colonia Caroya en Córdoba, cada una de ellas con características propias dadas por las condiciones bioclimáticas del lugar. La primera de ellas, ha logrado la Denominación de Origen (DOT) del Salame de Tandil (2011), el cual incluye, desde las materias primas hasta su presentación final.

Y en 2014 Colonia Caroya obtuvo la Indicación Geográfica (IG) de Salame Típico de Colonia Caroya.

Los productores de salame de Oncativo se están organizando para poder también, obtener la DO de su salame, cual es reconocido especialmente en la provincia de Córdoba, por su tradicional forma de elaboración que ha sido transmitida de generación en generación desde hace muchos años²⁶.

3.1.2.5. Perspectivas

Entre los factores que inciden en la producción y comercio mundial y/o nacional de carne porcina (fresca y chacinados) se distinguen los cambios en los hábitos de consumo, las exigencias y requerimientos de calidad asociados a la preocupación de los consumidores –particularmente de los países desarrollados- por la salud y el medio ambiente, las transformaciones en la estructura productiva y la articulación entre los distintos actores de la cadena.

Los alimentos no sólo se componen de sustancias materiales, aportan nutrientes energía, pueden ser idóneos, inofensivos o nocivos para la salud, sino que también están ligados a comportamientos socioculturales. El consumo de carne se asocia al nivel de desarrollo económico, ya que, a mayor cantidad de carne consumida, se considera más alto el nivel de calidad de vida o el índice de riqueza atribuidos a una población³².

La tendencia del consumo se ve orientada a la búsqueda de alimentos sanos y la ingesta de carne roja, blanca y procesada, que garanticen la salud y la disminución de las enfermedades crónicas y del envejecimiento. Estos factores serán clave para el desarrollo de la industria ganadera del futuro.

Los especialistas coinciden en destacar las excelentes propiedades nutritivas y los avances en la producción y procesamiento de la carne de cerdo, esto ha llevado a que ciertos cortes sean considerados como carne blanca. Es decir, muchos cortes magros de cerdo tienen niveles similares de grasa a las de una pechuga de pollo sin piel. La buena alimentación en la etapa productiva y el mejoramiento en las prácticas de crianza, han permitido obtener un tipo de carne más magra tendiente a satisfacer un mercado de consumidores, exigentes en materia de calidad y control sanitario, cada vez más preocupados por su salud. En la Figura 6 se muestra cómo ha evolucionado el porcentaje magro de la carne porcina desde 2011. El sistema de tipificación consiste en medir los espesores de la grasa dorsal y del músculo longissimus dorsi mediante una sonda óptica automática. Con esos datos en milímetros y aplicando una fórmula de predicción, se estima el contenido de tejido magro expresado en % del peso de la res²⁵.

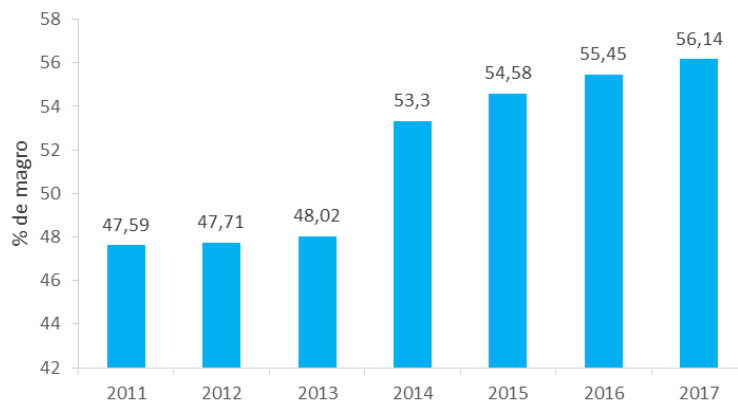


Figura 6. Evolución del porcentaje magro de la carne porcina²⁵.

En cuanto a los fiambres, la calidad se ha convertido en una exigencia creciente en las sociedades desarrolladas, diferenciando muy bien la relación entre productos de bajo precio y consumo masivo, o productos de alto precio y consumo minoritario.

Entre estos dos extremos, la gama de productos de carne de cerdo es muy amplia, la elección entre un tipo de fiambre u otro no sólo depende de la calidad sino también del precio y de los gustos o preferencias de los consumidores.

En Argentina, existe una preferencia por el consumo de productos de la industria de chacinados que poseen marca reconocida y de productos con identificación territorial (por ejemplo: Tandil, Colonia Caroya, entre otros). En este tipo de alimentos se observa claramente el efecto sustitución frente a cambios en el ingreso de las personas. Cuando aumentan los ingresos disminuye la compra de fiambres estándar y aumenta la demanda de fiambres de calidad.

Las estrategias de diferenciación de producto representan, para las plantas elaboradoras de algunas regiones argentinas, una estrategia para superar la competitividad de los precios mediante la exploración de las oportunidades de mercado basadas en las características de origen de los productos que ponen de relieve la imagen de la marca por el lugar geográfico y los conocimientos técnicos (know how) artesanales. El reconocimiento de la calidad se basa en un marco institucional que regula y juega un papel clave para asegurar la calidad. La efectividad del sistema implica la organización de los productores y elaboradores para desarrollar normas que garanticen la calidad del producto.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología impactará de manera profunda la productividad de las empresas preocupadas en identificar nuevas formas de satisfacer los crecientes requerimientos de la demanda.

En general en el sector, es escaso el desarrollo de I+D+i y es llevado adelante solo en un pequeño número de empresas, existiendo un amplio espacio potencial para la agregación de valor y la diversificación de la oferta de productos³³.

3.1.3. Capacidad funcional de la carne

Los productos cárnicos que conservan la estructura propia de la carne (como es el presente caso), son en general, productos sometidos a distintos tipos de salazón y nitrificación. Para este tipo de derivados, los factores que repercuten en la dureza no tienen demasiada importancia, ya que se elaboran a partir de carne de cerdo (casi exclusivamente) y la misma no suele presentar defectos de dureza. Sin embargo, algunos factores *post-mortem* condicionan el comportamiento de la carne de cerdo frente a las sales. Existe una gran variedad de productos basados en la salazón, por lo que es difícil generalizar.

Para productos cárnicos de conservación prolongada, es apropiada la carne que fue mantenida refrigerada y que presenta un pH suficientemente bajo (<5,8). En los procesos *post-mortem* la estructura de la carne se abre y la sal (aplicada por salazón seca o húmeda) difunde mejor y más rápidamente.

El valor final del pH de la carne influye en la conservación y en las propiedades tecnológicas de la misma. Una adecuada acidificación supone valores entre 5,4 y 5,8. En este intervalo de valores de pH los microorganismos acidofóbicos son inhibidos, en particular los proteolíticos. Valores finales de pH mayores comprometen la conservación de la carne.

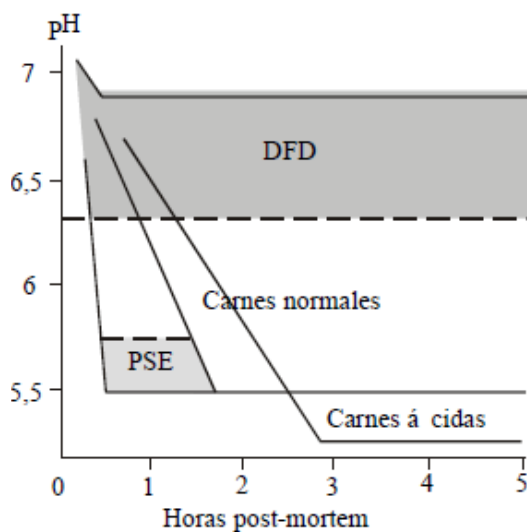
Hay tres tipos de alteraciones del metabolismo *post-mortem* relacionadas con la evolución del pH que se pueden manifestar en la musculatura del animal. Estos defectos son: la carne PSE, la DFD y la carne ácida.

La carne denominada DFD (aspecto oscuro “dark”, firme “firm” y seco “dry”) presenta valores de pH final elevados, en consecuencia, conservabilidad disminuida y no es apropiada para la elaboración de productos duraderos, tal como un salchichón, un jamón u otro producto curado. Su capacidad funcional está alterada. Presenta una estructura cerrada, de manera que la difusión de las sales es dificultosa. Sin embargo, por su alto valor de pH, esta carne presenta una elevada capacidad de retención de agua y puede ser utilizada para elaborar productos cárnicos cocidos, donde se pretende mejorar la fluidez y solubilidad de proteínas.

La carne bien acidificada posee mayor conductividad eléctrica y una “estructura abierta”. Como se mencionó anteriormente, esta estructura permite una mejor difusión de sustancias, en consecuencia, ofrece mejor aptitud para la salazón. Además, a pH bajos la reducción de nitrato y nitrito transcurre más rápidamente y mejora el desarrollo del color.

La disminución endógena o exógena de forma rápida inmediatamente después de la muerte da lugar a carne de características defectuosas, como las carnes denominadas PSE. Bajo esta denominación se entiende aquella carne que es pálida (pale), blanda (soft) y exudativa (exudative). Esta carne al igual que la DFD, deriva de una glicólisis acelerada, pero en la cual, a diferencia de la DFD, la degradación del glucógeno sucede, principalmente, *post-mortem*. La posible existencia de una carne con características PSE queda confirmada con el descenso del pH, en la primer hora después del sacrificio, por debajo de 5,8. El mayor agravante de la carne PSE es la exudación. Este defecto es evidente en los productos cárnicos salazonados, sumándole el escaso desarrollo del color típico de curado de estos productos^{1,34}.

En la Figura 7 se esquematizan las relaciones entre la evolución del pH *post-mortem* y las carnes anómalas mencionadas anteriormente. De una forma un poco arbitraria se considera un descenso muy rápido del pH cuando se alcanza un valor de 6,0 en una hora; de la misma manera se consideran elevados los valores de pH por encima de 6,3 y las carnes con un pH inferior a 5,5 se consideran como carnes ácidas. En la realidad las diversas cualidades de las carnes no se presentan separadas de manera tan simplificada: existe una continuidad entre carne ácida / PSE-carne normal-carne DFD y cierto solapamiento entre la zonas delimitadas en la Figura 7³⁴.



a)



b)

c)

d)

Figura 7. a) Cinética de evolución del pH en diversos tipos de carne³⁴.

b) Carne PSE. **c)** Carne normal. **d)** Carne DFD³⁵.

Para productos cárnicos relativos a este trabajo, el material inicial debe presentar valores de pH entre 5,3 y 5,8, y nunca superior a 6,0. Valores por debajo de 5,3-5,8 aceleran el enrojecimiento, estabilizan el color del curado, incrementan la acción bactericida del nitrito y mejoran la capacidad de conservación³⁶.

3.1.4- El proceso de salado

La salazón es un método de preservación de alimentos por adición de sal común. Los efectos principales se deben fundamentalmente, a la disminución del a_w por la deshidratación producida en la matriz de carne como resultado del intercambio sal-agua al efecto tóxico de los iones Cl^- y Na^+ sobre ciertos sistemas enzimáticos bacterianos, y a efectos sinérgicos con otros factores de protección de la carne como el pH. La función que cumple el $NaCl$ en sí como antiséptico es muy débil, pero es un factor más a tener en cuenta entre las acciones que se producen para preservar los alimentos.

En el curado se aplica la sal común, por separado o mezclada con sales de ácido nítrico. Estas sales (nitratos y nitritos) incrementan la capacidad de conservación de la carne, así como también le confieren un color típico y un aroma característico.

La manera tradicional de realizar el salado y el curado consiste en frotar en seco la carne con la sal común o sal curante, almacenándose luego, o bien en introducir la carne en un baño de salmuera. Al hacerlo, las sales penetran por difusión en la carne, donde ejercerán la acción específica.

El salado en salmuera o húmedo es más lento y menos intenso que el salado seco en pila, y tiene las ventajas de permitir preparaciones más delicadas y más homogéneas. A medida que aumenta la cantidad de agua y disminuye la sal en la salmuera, la diferencia en la concentración de sal entre la materia prima y la salmuera es menor.

La sal penetra en la carne bajo la influencia de diversos factores físicos y fisicoquímicos, entre los cuales se incluyen, la capilaridad.

Sea cual sea el método utilizado, una salazón, cumple una correcta función de preservación cuando la sal ha logrado alcanzar en el centro del producto una concentración mínima capaz de inhibir la autólisis y el crecimiento bacteriano en el menor tiempo posible.

En el caso de productos curados, la fase de salazón consiste en aportar sal en la superficie de una pieza de carne fresca (como el jamón o lomo); operando en un ambiente frío. La penetración de la sal dentro del músculo induce una acción bacteriostática y confiere al producto final un sabor relativamente salado.

El mecanismo de penetración de la sal resulta de un equilibrio entre la concentración de sal en el interior y en el exterior del músculo fresco. Es un mecanismo de doble intercambio:

En un lado, el agua se traslada hasta el exterior de la pieza, por un fenómeno de ósmosis. El agua va desde el medio menos concentrado, hasta el que tiene una mayor concentración de sal. El agua migra hasta el exterior de la pieza, disolviendo la sal e induciendo una solución salina saturada.

Por otro lado, la sal se traslada desde el exterior hasta el centro de la pieza. Va desde el medio más concentrado hasta el que tiene una concentración en sal menos elevada. Entonces, la velocidad de penetración de la sal disminuye a medida que la concentración de sal en el exterior y en el interior se equilibra. Además, algunos factores (externos o internos) influyen sobre esta velocidad.

Como factor externo, se puede mencionar la elevación de la temperatura, lo cual favorece la penetración de la sal. Factores internos: el pH influye la penetración de la sal (entre más elevado sea el pH, más baja es la velocidad de penetración de la sal). La cantidad de grasa en el músculo influye también la penetración de la sal, igual que "la historia de la carne", por ejemplo la congelación.

En el caso de un producto como el fiambre de cerdo cocido para emparedados, también incluido en salazones, el agregado de sal se realiza por intermedio de la mezcla de la carne molida con salmuera. Mediante el amasado la carne absorbe la salmuera permitiendo la solubilización de las proteínas que luego coagularán durante la cocción.

Son necesarias concentraciones de sal bastante altas para inhibir el crecimiento microbiano por lo que el salado como único método de conservación es inadecuado para los productos listos para el consumo. Las concentraciones de sal en productos terminados (1,5 a 5 %) no provocan por tanto una inhibición total del desarrollo microbiano (exceptuando algunos embutidos fuertemente salados). Sin embargo, al no ser inmediato el efecto inhibitor de la sal a concentraciones limitantes, se puede afirmar que sí ejerce una cierta acción retardadora del desarrollo microbiano a las bajas concentraciones presentes en los productos terminados^{1,37}.

La sensibilidad de los distintos microorganismos a la sal es muy variada. Se puede considerar que con una concentración de 10 %, la sal inhibe el desarrollo de muchos gérmenes. Con una concentración de 5 %, inhibe solamente las bacterias anaerobias. Específicamente la concentración limitante (por encima de la cual no existe crecimiento) para *Clostridium botulinum* tipo E, *Pseudomonas fluorescens* es, por ejemplo, 5 % de NaCl. Para *E. coli*, salmonelas, *Bacillus cereus* y *Clostridium botulinum* tipo A y *Clostridium perfringens* esta concentración es de 8 %, de 18 % para *Staphylococcus aureus*.

Los microorganismos, sin embargo, no se destruyen inmediatamente a las concentraciones limitantes mencionadas. Las salmonelas, por ejemplo, tardan entre 75

a 80 días en morir con una concentración del 8 %. Al no ser inmediato el efecto inhibitor de la sal a las concentraciones limitantes, se puede afirmar que ejerce cierta acción retardadora del desarrollo microbiano a las bajas concentraciones presentes en los productos cárnicos acabados.

A concentraciones suficientemente elevadas, atrae osmóticamente el agua, haciendo que ésta no pueda ser aprovechada por los microorganismos. Esta falta de agua provoca la reducción e incluso la interrupción total de los procesos vitales. A concentraciones suficientemente elevadas de sal penetran los iones de la misma en el líquido intracelular, alterando el metabolismo celular, por lo que es de suponer que también perjudica a las células bacterianas por este efecto.

En la actualidad, los consumidores prefieren productos poco salados. Concretamente, esto implica que la cantidad de sal debe ser inferior al 3 %. Entonces, para completar el papel bacteriostático de la sal, la salazón debe hacerse en frío, sobre todo para productos curados. Por consiguiente, el efecto de la sal depende de su concentración en una fase acuosa y en el caso de productos curados la cantidad de agua al principio ser elevada^{1,34}.

El NaCl ejerce un importante efecto modificador sobre la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne.

Como otra consecuencia de la asociación de iones a las moléculas de proteína, se experimenta un aumento de la capacidad de retención de agua de la carne, que se debe al desplazamiento del punto isoeléctrico de las proteínas a valores inferiores al normal, que es aproximadamente 5,4. Así, a cualquier valor de pH mayor que el punto isoeléctrico, la capacidad de retención de agua de la carne tratada con sal, será mayor que la de la carne fresca. Como en el proceso de curado se trabaja siempre a valores de pH por encima del punto isoeléctrico de las proteínas de la carne fresca, se obtiene una retención de agua incrementada con la adición de sal. Este aspecto es esencial en la elaboración de estos productos³⁷.

No obstante, si se empleara sólo sal químicamente pura en el curado, se obtendría un producto de aspecto gris, con color como de carne cocinada y un acentuado sabor salado, que no sería muy aceptado por el consumidor. Además, a los bajos niveles de adición de sal empleados actualmente, no se inhibe la germinación y desarrollo en el producto de microorganismos anaerobios patógenos.

Para suplir las deficiencias mencionadas, se complementa el efecto de la sal en el proceso de curado con la adición de nitrito y/o nitrato sódico. En el caso en que se use el nitrato, las enzimas microbianas (nitrorreductasas) reducen el nitrato a nitrito, por lo que el empleo del nitrito implica una vía más directa de obtención del ingrediente activo que reacciona con los pigmentos de la carne.

El nitrito tiene varias funciones en el curado de la carne:

- estabilizar el color del tejido magro;
- contribuir a las características de sabor de la carne curada y
- lograr la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos, y en particular del *Clostridium botulinum*.

El propósito original de la adición de nitrito parece haber sido la estabilización del color, debido al atractivo color rosáceo, estable al tratamiento térmico, que se obtiene con su empleo. Los consumidores utilizan el color como uno de los parámetros para evaluar la calidad y el buen estado de conservación de los alimentos y, en definitiva, para tomar la decisión de compra, lo cual acentúa la importancia de conseguir y mantener un color atractivo para los mismos.

El desarrollo del color durante el proceso de curado se debe a la interacción química entre el nitrito y los pigmentos del músculo. Éstos reaccionan con el nitrito para producir pigmentos (nitrosil-mioglobina) estables al tratamiento térmico, característicos de la carne curada e importantes para la aceptabilidad de tales productos^{1,34}. Más adelante, en el apartado 3.1.5.1.3, se explicará la evolución del color en este tipo de piezas.

Ya sea que se use nitrato o nitrito para el curado, ocurre la reducción hasta óxido nítrico (NO), que con la mioglobina produce, tras varios pasos intermedios, oxidonítrico hemocromógeno, pigmento rosado termorresistente, responsable del color de la carne curada.

Algunos fabricantes, sobre todo los más fieles a los métodos tradicionales, prefieren utilizar nitrato en el proceso, por considerar que brinda un margen de seguridad, puesto que, al menos teóricamente, funciona como un reservorio de nitrito, que va reduciéndose paulatinamente y permite mantener un nivel adecuado de nitrito para la conservación de los productos, sobre todo en períodos largos de almacenamiento.

Ya desde hace tiempo este argumento fue puesto en duda, y existe evidencia de que el proceso de reducción de nitrato a nitrito es difícil de regular, y tiende a producir nitrito incontroladamente, provocando niveles inaceptablemente altos del aditivo. Durante años se ha mantenido la tendencia hacia procesos más rápidos y controlables, que favorecen el uso del nitrito.

Además de su acción sobre el color, otro efecto importante del curado se manifiesta en el sabor de los productos cárnicos curados.

La otra razón fundamental para el empleo de nitrito en el curado de la carne es su acción sobre el crecimiento microbiano destacando la inhibición del crecimiento de *Clostridium botulinum* y *Salmonella* spp. No obstante, la estabilidad y seguridad de los productos cárnicos crudos curados, desde el punto de vista microbiológico, no sólo se debe a la acción de los nitratos y nitritos, sino que es el resultado de la combinación de los obstáculos que se establecen consecutivamente durante el proceso de elaboración, como son el potencial redox, el pH y la a_w ^{34,38}.

Aunque de una forma u otra, se ha empleado el nitrito en el curado de la carne desde tiempos remotos, y su empleo directo en los procesos industriales data de más de 100 años, su efecto antimicrobiano se conoce desde hace algo más de 50, Cuando Tarr demostró que el ácido nitroso (HNO_2) no disociado es un agente antimicrobiano efectivo.

El hecho de que el efecto antimicrobiano del nitrito haya sido pasado por alto durante tanto tiempo se debe precisamente a que radica en la acción del ácido nitroso sin disociar, y no en la del ion nitrito NO_2^- .

Cuando se disuelve nitrito de sodio en agua, esta sal se disocia completamente en sus iones, y el ion nitrito, en presencia de los iones H^+ del agua da lugar al equilibrio: mediante el cual se forman moléculas de ácido nitroso sin disociar. Por razones obvias, las concentraciones de equilibrio serán muy dependientes del pH: a pH alto, la concentración de iones H^+ será muy baja y el equilibrio estará muy desplazado hacia la forma iónica, con una concentración de ácido nitroso no disociado muy baja. Contrariamente, a pH bajo, se verá favorecida la formación de moléculas no disociadas de ácido nitroso.

La mayoría de los experimentos sobre inhibición con nitrito se realizaban a pH fisiológico, muy cercano a la neutralidad, condiciones que no favorecían la formación de ácido nitroso no disociado, y a las que las concentraciones de nitrito necesarias para producir inhibición eran muy altas.

Fueron los experimentos de Castellani y Niven³⁹, en 1955, los que demostraron este modo de acción, fuertemente dependiente del pH, que explica que en la carne, que tiene normalmente un pH ligeramente ácido, la inhibición se produzca efectivamente a concentraciones relativamente bajas de nitrito.

Así, estos investigadores hallaron que la concentración necesaria para inhibir el crecimiento de *Staphylococcus aureus* a pH 7,0 era de unos 2000 mg/l, mientras que a pH 5,5 se lograba la misma inhibición con apenas 100 mg/L de nitrito.

Años más adelante, Ingram y Roberts⁴⁰, en el Instituto de Investigaciones de la Carne de Langford, estudiaron detalladamente la interacción del nitrito con otros factores del medio, como la temperatura, el pH y la concentración de sal, definiendo las

concentraciones mínimas de inhibición para los microorganismos patógenos más importantes a diversas combinaciones de estos factores.

Se han realizado ensayos de inoculación de embutidos⁴¹ con *Listeria innocua* (como subrogado de *Listeria monocytogenes*). En ausencia de sales nitrificantes, *Listeria* se multiplicó durante la fase fermentativa, lo que motivó que los recuentos finales fueran similares a los iniciales. En presencia de nitrificantes se observó una inhibición ya desde las primeras etapas del proceso de maduración, cuya dependencia de la concentración de nitratos y nitritos se hizo evidente a partir de la primera semana. Los recuentos finales fueron aproximadamente 1,5 log ufc/g mayores en los lotes con reducción de nitrificantes al 75 y 50 % respecto del lote con el máximo permitido.

El desarrollo del aroma en los productos cárnicos curados es muy complejo debido al gran número de reacciones implicadas. Los compuestos responsables del aroma surgen como consecuencia de fenómenos microbiológicos (fermentativos, esterificaciones y acciones sobre lípidos, proteínas, péptidos y aminoácidos), reacciones químicas (oxidación lipídica, reacción de Maillard y degradación vía Strecker de aminoácidos) y enzimáticas de origen endógeno (proteólisis y lipólisis), sin olvidar a los componentes aportados por la propia carne, ingredientes, aditivos, especias o ahumado y la interacción conjunta de los mismos⁴². La adición de nitratos y/o nitritos afecta la lipólisis y a las reacciones de degradación de aminoácidos, al crecimiento de determinados microorganismos y a la oxidación de distintos componentes de la carne. Además, evita la aparición de aromas no deseados relacionados con la degradación del producto^{43,44}.

En jamón, la reducción de la cantidad añadida de nitratos y nitritos de 600 mg/kg a 150 mg/kg disminuyó significativamente la intensidad del flavor a curado en los jamones de corta curación. En los jamones de larga curación, el efecto se detectó en la intensidad global de flavor. En ambos casos, el efecto fue significativo, aunque se considera poco importante en términos sensoriales. La adición de ascorbato en jamón elaborado con 600 mg/kg de nitratos y nitritos en jamones de larga curación dio lugar a un descenso de la intensidad global de flavor global, aunque de escasa importancia. En general, los resultados obtenidos sugieren que la reducción de nitrificantes en jamón de corta y larga curación resultaría viable desde el punto de vista sensorial^{34,45}.

En el Anexo I A se exponen cuestiones sobre la adición de nitritos y nitratos, tales como nivel de toxicidad, el efecto sobre este tipo de productos, etc.

3.1.5. Evolución de los productos cárnicos curados durante el Secado-Maduración

La estabilización de las piezas tiene lugar durante la etapa de secado-maduración del producto; al disminuir la actividad de agua (a_w) por la adición de sal y por el proceso de deshidratación. Además, se van a dar un gran número de reacciones químicas y bioquímicas en las que participan, como sustratos principales, los lípidos y las proteínas. Las reacciones proteolíticas y lipolíticas, la oxidación lipídica entre otras.

Durante la primera fase del proceso de salado la solubilidad de las proteínas disminuye notoriamente, sobre todo las proteínas solubles de fuerza iónica elevada (actomiosina). La insolubilidad de la actomiosina, desnaturalizada por la alta concentración de la sal, hace que en ese momento la carne adquiera una textura seca.

Luego, la degradación progresiva de la actomiosina conduce a la formación de pequeños péptidos y aminoácidos solubles de baja fuerza iónica. Estos compuestos solubles comprenden, por un lado, la fracción proteica y, por otro lado, una fracción no precipitable por el ácido tricloroacético, el Nitrógeno no proteico (NNP), que aumenta con el tiempo. Una parte de estas fracciones nitrogenadas solubles difunde en la salmuera y el tenor de nitrógeno en el músculo de la carne escurrido, baja.

El conjunto de fenómenos madurativos que van modificando la composición y, determinarán la calidad final, dando como resultado las características sensoriales típicas de productos curados (sabor, olor y color), como el lomo en este caso^{13,46}.

3.1.5.1. Parámetros fisicoquímicos

3.1.5.1.1 Humedad y actividad de agua

Uno de los objetivos de someter la pieza a una fase de secado-maduración es el de provocar la deshidratación de la misma. Se produce un descenso de la a_w , reduciéndose el riesgo de alteración por microorganismos.

El descenso progresivo de la a_w en estos productos se produce como consecuencia de la absorción de sales de curado durante el salado, así como por la pérdida de agua debida a la evaporación, durante el secado.

La variación del contenido en humedad de productos curados se ve influenciada por diferentes factores, dependientes tanto del animal (raza, sexo, edad de sacrificio, etc.), como del tratamiento de la carne (temperatura, humedad relativa, productos añadidos a la superficie, etc.). En cualquier caso, la velocidad a la que debe producirse la deshidratación debe ser la apropiada (dependiendo el tamaño de la pieza) consiguiéndose, al cabo de 2 semanas, que las pérdidas de peso estén comprendidas entre el 20 % y el 40 % en este tipo de productos.

Si la velocidad de deshidratación no es la apropiada, pueden producirse defectos en el acabado. Cuando es muy lenta, tiene lugar una proliferación microbiana en superficie, que tendrá como resultado la aparición de limosidad y desarrollo de procesos de putrefacción. Por el contrario, si la velocidad es muy rápida, se formará una costra superficial e impermeable al agua, que impedirá la salida de humedad desde el interior del producto, dando lugar a procesos de putrefacción profunda. Este fenómeno es conocido como “encostramiento”⁴⁷.

3.1.5.1.2. pH

El pH de la carne es un parámetro que influye directamente sobre los fenómenos bioquímicos que tienen lugar durante el proceso de elaboración como es el caso del lomo^{48,49}.

El pH de salazones cárnicas va a oscilar entre valores de 5,6 y 6,2, con una tendencia a aumentar ligeramente, tanto en superficie como en el interior, a lo largo del proceso^{50,51}.

Este parámetro va a presentar una variabilidad mayor en la parte superficial del producto, ya que va a verse afectado por factores como la velocidad de entrada de la sal durante el curado, así como por la velocidad de secado⁵².

En la selección del producto, como se mencionó con anterioridad al comienzo de este trabajo será recomendable evitar piezas con $\text{pH} > 6,2$ por razones de seguridad microbiológica, con el fin de mejorar la salazón y evitar problemas de aspecto y de textura blanda^{34,36}.

3.1.5.1.3. Desarrollo del color

El color de la carne depende de varios factores como son la concentración y la forma química de los pigmentos musculares, así como de la tasa de caída del pH y su valor final. En el caso de productos cárnicos curados, otro factor que influye en el desarrollo del color es la adición de sales nitrificantes durante el procesado.

La mioglobina es el pigmento mayoritario en la carne (90 %), aunque existen pequeñas cantidades de hemoglobina, citocromos y flavinas⁵³.

Este pigmento, que realiza una función de fijación y almacenamiento de oxígeno en el animal vivo, se combina, durante la etapa de curado, con el monóxido de nitrógeno resultante de la reducción y posterior disociación de los nitratos, dando lugar a otro pigmento denominado nitrosomioglobina⁵⁴.

El proceso de desarrollo del color, de las carnes que se han sometido a un proceso de curado o cocción, se puede observar en la Figura 8 y se detalla a continuación:

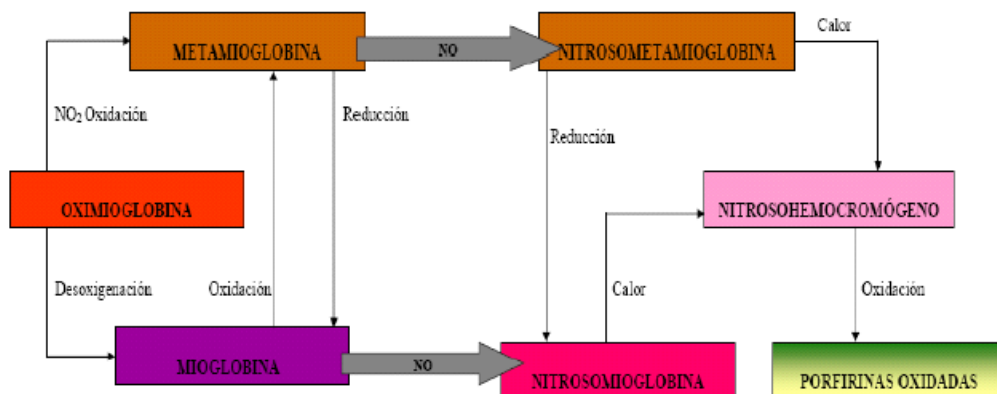


Figura 8. Ciclo del color en las carnes curadas y cocidas⁵⁵.

La molécula de mioglobina está constituida por una proteína, la globina, y un grupo hemo formado por cuatro anillos de pirrol y un núcleo de hierro central, cuya función es la de contener el oxígeno. Este hierro se une, por cuatro enlaces, a los átomos de nitrógeno de los anillos pirrólicos; la posición quinta está unida al átomo de nitrógeno del grupo imidazol de la globina y, la sexta posición de coordinación, queda lista para unirse a cualquier molécula (O₂, CO, NO, etc.) que presente la configuración electrónica adecuada. La naturaleza de este sexto ligando y el estado de oxidación del hierro van a ser los que determinen el color de la carne.

Si la sexta posición de coordinación está vacía y el hierro aparece en forma reducida el color de la carne será rojo púrpura (mioglobina); si está ocupada por oxígeno, la mioglobina estará oxigenada (oximioglobina) presentando un color rojo anaranjado, y si en la sexta posición se aloja el agua y el hierro se encuentra en estado férrico, la mioglobina está oxidada (metamioglobina), adquiriendo la carne un color pardo.

Además de cloruro sódico, en el salado se incorpora una mezcla de nitrito sódico y nitrato potásico que, tras la acción de microorganismos, se reducen dando lugar al compuesto activo, el óxido nítrico. Este óxido nítrico se va a unir al grupo hemo de la mioglobina, dando lugar al pigmento responsable de la coloración rosácea típica de productos curados, la nitrosomioglobina. Parte de la nitrosomioglobina formada puede desnaturizarse durante la maduración, dando lugar entonces a otro pigmento, el nitrosohemocromo que mejora la estabilidad del color, puesto que el óxido nítrico del grupo hemo es menos disociable en este compuesto⁵⁴.

En la Figura 9 pueden observarse las diferentes coloraciones en carne de acuerdo a la molécula que se halle presente.

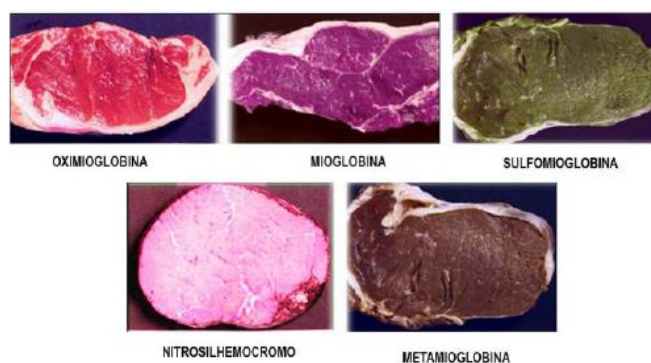


Figura 9. Coloración de la carne según molécula de pigmento presente⁵⁵.

Existen muchos factores, microbianos o no, que originan defectos en el color en las carnes curadas. Los defectos no bacterianos se deben fundamentalmente a un curado pobre o deficiente o a empaldecimiento. Los debidos a un curado deficiente se manifiestan por un color marrón-verde-grisáceo originado por una mala reacción entre el nitrito y los pigmentos cárnicos; generalmente son consecuencia de una distribución irregular de la salmuera o irregular aplicación de sal en seco, a una difusión insuficiente de aquélla en los cortes grandes o a una mala mezcla si se trata de una matriz picada. El empaldecimiento de los pigmentos de las carnes curadas se debe a la oxidación; lo aceleran la luz y lo inhiben el ascorbato y sus derivados. Los defectos de origen no microbiano son de cuatro tipos: quemadura del nitrito, enverdecimiento superficial, enverdecimiento central y anillos verdes. La quemadura del nitrito, una coloración marrón-verdosa, se debe a un exceso de nitrito, sobre todo en productos de pH bajo.

El enverdecimiento superficial se debe a la oxidación por el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) del pigmento rojo de la carne curada; este defecto no se presenta en ausencia de oxígeno. Las bacterias ácido lácticas en condiciones de anaerobiosis pueden crecer en grandes cantidades en las carnes curadas, pero no producen agua oxigenada en ausencia de oxígeno. El enverdecimiento central se debe a bacterias ácido lácticas específicas que producen peróxido de hidrógeno si bien el enverdecimiento se limita a la porción central. Estas bacterias suelen ser algo más termorresistentes que otras lácticas y sobreviven en la zona central al tratamiento térmico normal.

El anillo verde constituye un caso especial de enverdecimiento central; se presenta como un aro verdoso situado entre la porción central y la superficie del embutido. Fuera del anillo los microorganismos responsables se destruyen por el tratamiento térmico mientras que en aquel los agentes causales sobreviven y se desarrollan aunque el oxígeno difundido no sea suficiente para determinar la producción de peróxido de hidrógeno²⁴.

3.1.5.2. Fracción proteica

Las proteínas representan el componente más abundante de la materia seca del músculo. Además de las proteínas, en la carne se pueden encontrar otros compuestos nitrogenados como aminos, compuestos de amonio cuaternario, aminoácidos libres y péptidos pero, son las proteínas, las que van a desempeñar un papel fundamental en las propiedades de la carne, tanto para su consumo en fresco como para su industrialización⁵⁶.

Atendiendo a su solubilidad, las proteínas se pueden clasificar en tres grupos^{57,58}:

- *Proteínas solubles* (proteínas sarcoplásmicas), extraíbles con agua o en soluciones diluidas de sal (<50 mM). Constituyen la masa fluída que baña las miofibrillas, proporcionándoles energía y capacidad de sintetizar proteína, haciendo posible la eliminación de ciertos desechos metabólicos. Este grupo supone un 30 %-35 % de las proteínas del músculo esquelético del mamífero adulto. Constituyen un grupo heterogéneo formado por más de 100 proteínas diferentes, entre las que se encuentran pigmentos como la mioglobina, albúminas y la mayor parte son enzimas. Algunas de ellas relacionadas con el metabolismo del ATP, como la creatin-kinasa y la ADP-desaminasa. Además, enzimas a las que se les atribuye el envejecimiento de la carne en los fenómenos postmortem, como son las proteinasas musculares, especialmente calpaínas y proteinasas lisosomales (catepsinas B, H, L, etc.).

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.

- *Proteínas del aparato contráctil* (proteínas miofibrilares), son solubles en soluciones con alta fuerza iónica, especialmente a 0,6 M de KCl. Se organizan en miofibrillas, que conforman la unidad estructural responsable de la contracción muscular. Constituyen entre el 50 %-55 % de las proteínas totales del músculo. Entre las más importantes se encuentran las proteínas contráctiles actina y miosina, troponina, tropomiosina, proteínas M y C (del grupo de las proteínas reguladoras), además de la α -actinina y diversas enzimas del citoesqueleto. Dentro de este grupo, las más importantes son la titina, nebulina, desmina y vinculina que, junto con otras proteínas que se presentan en pequeñas cantidades, conforman el citoesqueleto muscular. La Tabla 4 muestra diferentes proteínas miofibrilares, su peso molecular y contenido en el músculo.

- *Proteínas insolubles*. Son las proteínas del tejido conjuntivo y las proteínas de los orgánulos. En carne, suponen entre un 2 % y un 6 % en relación al contenido total de proteínas musculares. Sus principales componentes son el colágeno, la elastina y la queratina. Son proteínas de valor nutritivo, capacidad de retención de agua y poder emulsionante menores que las anteriormente descritas. Son las encargadas de aportar dureza, dar forma y proteger el músculo esquelético.

Tabla 4. Proteínas miofibrilares del músculo esquelético^{59,60,58}

Proteínas	Peso Molecular (kDa)	Contenido (%)
<u>Contráctiles</u>		
Miosina	500	43
Actina	43	21
<u>Reguladoras Mayores</u>		
Troponina	80	5
Tropomiosina	(35 x 2)	5
<u>Reguladoras Menores</u>		
Proteína M	165	2
Proteína C	135	2
Proteína H	69	<1
Proteína F	121	<1
Proteína I	50	<1
Proteína X	152	<1
Actinina	35	<1
<u>Filamentos intermedios</u>		
Desmina	53	1
Vimentina	55	1
Conectina	2x10 ⁶	10
<u>Discos Z</u>		
α actinina	95 x 2	2
Proteína Z	50	<1
Eu-actinina	43	<1
Proteína 34 k	34	<1
ABP (filamina)	250 x 2	<1
<u>Otras proteínas</u>		
Vinculina	130	<1
Nebulina	800	3

Además de las modificaciones post-mortem que se producen en las proteínas de la carne, durante la etapa de maduración de productos cárnicos curados, las proteínas y los compuestos nitrogenados van a verse afectados por una serie de transformaciones, que van a tener como resultado un aumento progresivo de la fracción nitrogenada no proteica. Por ello, al inicio de la etapa de maduración,

predominarán los péptidos, mientras que, los aminoácidos libres serán más abundantes al final del proceso. Este fenómeno, junto con la lipólisis, va a determinar las características de textura, sabor y aroma del producto final.

En la carne y los productos cárnicos, la oxidación proteica y la lipídica son procesos muy relacionados pues ambos se ven afectados por promotores de la oxidación similares (pigmento hemo muscular, metales, enzimas oxidativas, etc.)⁶¹. La concentración de mioglobina, por ejemplo, además de influir sobre la coloración roja del magro, va a tener consecuencias sobre la aceptabilidad y el flavor del producto, pues va a potenciar la liberación de aminoácidos a partir de las proteínas, especialmente durante las etapas intermedias de la maduración⁵⁵.

3.1.5.2.1. Evolución de las fracciones nitrogenadas

Tanto las proteínas sarcoplásmicas como las miofibrilares experimentan, durante la maduración de los productos cárnicos curados, un proceso de desnaturalización, que se manifiesta en un descenso de la cantidad de proteína solubilizada^{62,63}. Por otra parte, la hidrólisis de proteínas, también tiene como resultado un aumento de la concentración de NNP.

La fracción de NNP se constituye de péptidos de diferentes tamaños, aminoácidos y otros compuestos de degradación. Al final de la maduración de un jamón, por ejemplo, se han descrito tasas de transformación de nitrógeno proteico en nitrógeno no proteico del orden de 25 %-27 %⁶⁴. La medida de este parámetro puede ser útil para determinar el grado de proteólisis del proceso.

La evolución del contenido y composición del NNP va a estar condicionada tanto por la variación de temperatura, como por el grado de secado del producto. El incremento de la concentración se verá favorecido en las fases en las que la temperatura sea mayor. Sin embargo, a la vez que el aumento de temperatura favorece la proteólisis, también va a provocar una desecación en el producto, circunstancia en la que se verá disminuida la actividad enzimática⁶⁵.

En la etapa inicial de maduración, el nitrógeno peptídico (NP) representará la mayor parte del NNP. Al aumentar la temperatura en la fase de secado, el contenido en NP aumentará más lentamente pues, en estas condiciones, se va a ver más favorecida la hidrólisis de péptidos hacia aminoácidos libres, que la propia generación de péptidos. Lo mismo ocurre en las últimas etapas, en las que la cantidad de NP puede llegar a disminuir pues, en estas fases, queda inhibida la actividad de determinadas proteasas y, por lo tanto, los aminoácidos libres al final de la fase de maduración pueden llegar a sustituir a los péptidos como principal fracción del NNP^{66,67}.

3.1.5.2.2. Proteólisis

La proteólisis es un fenómeno de naturaleza enzimática, que consiste en una cadena sucesiva de actuación de distintas enzimas proteolíticas sobre las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares (Figura 10).

El sistema enzimático muscular implicado en la proteólisis es bastante complejo y está dividido en dos grandes grupos de enzimas; las endoproteasas asociadas a la hidrólisis de proteínas (calpaínas I y II, catepsinas B, B+L y H y proteosoma) y las exopeptidasas que generan péptidos pequeños y aminoácidos libres (tripeptidilpeptidasas I y II, las di-peptidilpeptidasas I, II, III y IV, las carboxipeptidasas y la alanil-, arginil-, metionil-, leucil- y piroglutamilaminopeptidasas). Todas ellas juegan un papel importante en la cadena proteolítica, especialmente durante la etapa de curado, ya que originan una serie de productos finales (péptidos y aminoácidos libres) implicados en el desarrollo del aroma y del flavor del producto^{68,69}.

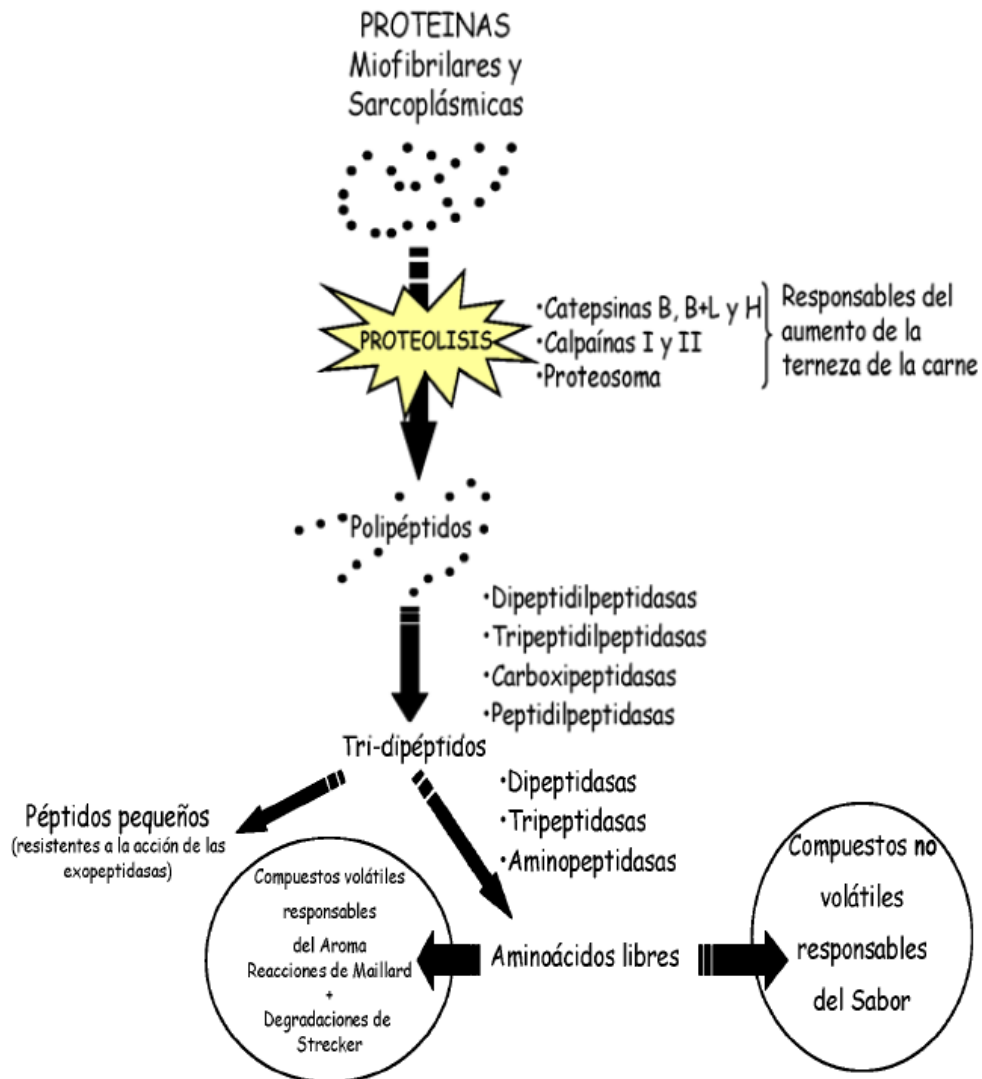


Figura 10. Esquema de la cadena proteolítica implicada en la degradación de las proteínas musculares¹³.

La primera etapa de la proteólisis consiste en la hidrólisis de las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas por la acción de las endoproteasas musculares (calpaínas I y II, catepsinas B, B+L y H principalmente y, en menor medida, proteosoma o complejo endopeptidasa multicatalítico).

Las calpaínas son cisteína endopeptidasas de origen muscular. Están formadas por la calpaína I, la calpaína II y la calpastatina, proteína que inhibe de modo específico la actividad de las anteriores. Estas enzimas sólo actúan en la carne cruda y durante las dos primeras semanas del período de maduración de productos cárnicos curados, ya que su pH óptimo de actuación es de 7,5, mientras que, el de productos curados se aproxima a 5,5, por lo que su papel en esta etapa no es significativo. Estas enzimas son muy inestables, perdiendo su actividad a los 10-14 días de procesado. Las calpaínas son capaces de hidrozilar proteínas como la titina, la nebulina, las troponinas T e I, la tropomiosina y la desmina^{70,71,72}.

Las catepsinas, pertenecientes también al grupo de las endoproteasas musculares, son proteinasas ácidas lisosomales. Este grupo de enzimas son especialmente activas a pH ácido, provocando la liberación de fragmentos proteicos de tamaño intermedio procedentes, en gran medida, de la degradación de proteínas miofibrilares (fundamentalmente miosina y troponina). Las catepsinas van a ser las principales responsables de los cambios que van a tener lugar durante la maduración

ya que, al contrario que las calpaínas, este grupo de enzimas son bastante estables a lo largo del proceso de curado. El resultado de la actividad de estas enzimas se traduce en una disminución de la capacidad de retención de agua, así como una serie de cambios en las características texturales y en el valor nutricional.

Las exopeptidasas (dipeptidilpeptidasas y tripeptidilpeptidasas) actúan sobre los fragmentos proteicos obtenidos tras la acción de las catepsinas, que han generado pequeños polipéptidos y péptidos que van a participar en una serie de reacciones secundarias (hidrólisis de aminopeptidasas y carbopeptidasas) dando lugar a acumulación de aminoácidos libres. Por lo tanto, la mayor parte de los aminoácidos libres que se generan durante el procesado son resultado de la acción de las aminopeptidasas. Las principales aminopeptidasas son la alanil aminopeptidasa (responsable de más del 80 % de la actividad total de aminopeptidasas) y la metionil aminopeptidasa, que presentan amplia especificidad por los sustratos, y la arginil aminopeptidasa que hidroliza principalmente aminoácidos básicos.

Estos aminoácidos liberados van a contribuir destacadamente en las características sensoriales del producto, tanto a nivel de aroma (como compuestos precursores) como de sabor. Por esto es que la proteólisis es la transformación con mayor impacto debido a que afecta la percepción sensorial del producto.

Todo el proceso de hidrólisis proteica y liberación de aminoácidos va a estar regulado por parámetros extrínsecos como el grado de secado, la temperatura, la cantidad de sal del músculo y el pH. De todos estos factores, el que más va a influir en la regulación de la proteólisis es la temperatura. La temperatura óptima de actividad de la catepsina B, por ejemplo, es de 30 °C y la de las catepsinas H y L, de 37 °C. Así, el aumento de temperatura a lo largo del proceso de elaboración, producirá un aumento de la proteólisis, al aumentar la actividad de las enzimas proteolíticas. Respecto a la cantidad de sal, cuando la concentración es baja las enzimas pueden actuar, y la proteólisis estará favorecida mientras que, en etapas posteriores de curado, debido a un aumento en su concentración tras la incorporación de sales, la actividad proteolítica irá disminuyendo^{13,55,73,74}.

3.1.5.2.3. Oxidación de Proteínas

Las proteínas musculares son susceptibles de daño oxidativo promovido por diferentes agentes prooxidantes. Como consecuencia de este daño oxidativo, los aminoácidos sufren diversas modificaciones como la generación de grupos carbonilo y/o la formación de puentes de unión disulfuro o ditirosina entre otros, lo que afecta al valor nutricional, por producir la pérdida de aminoácidos esenciales y disminuir la digestibilidad de las proteínas, además de que puede provocar la aparición de defectos en el color y la textura del producto final^{75,76}.

Es fundamental que exista un equilibrio entre factores pro-oxidantes y compuestos con actividad antioxidante que puedan frenar el proceso de oxidación como los tocoferoles, nitrito, ácido ascórbico, aminoácidos libres, péptidos y productos de la reacción de Maillard formados durante el proceso de elaboración de productos cárnicos como el jamón curado^{66,77}.

Las causantes del daño oxidativo de las proteínas musculares sarcoplásmicas y miofibrilares son los productos de la oxidación lipídica (hidroperóxidos y aldehídos), iones metálicos (Cu^{2+} y Fe^{2+}), agentes pro-oxidantes endógenos del músculo (mioglobina y/o ferritina) y otros productos generados durante el procesamiento del producto. En la carne y productos cárnicos los aminoácidos que tienen grupos sulfidril (metionina y cisteína) son especialmente susceptibles de sufrir este daño oxidativo agudizado por la presencia de agentes pro-oxidantes.

El principal cambio que se produce en las proteínas oxidadas es la formación de grupos carbonilo, seguido por la formación de puentes de unión (cross-links) entre aminoácidos como es el caso de los puentes ditirosina (Figura 11) o los puentes disulfuro⁷⁸.

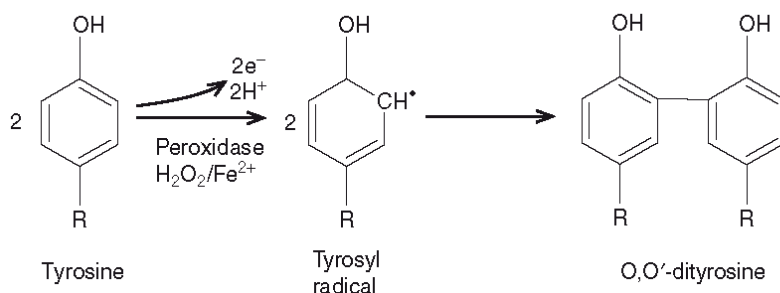


Figura 11. Formación de puentes de unión ditirosina⁷⁶.

El desarrollo de este tipo de reacciones de oxidación implica una pérdida de aminoácidos y vitaminas que afectaría a propiedades como el color, el flavor, la textura y el valor nutritivo del producto.

Las técnicas para detectar el daño oxidativo en proteínas de origen cárnico son en su mayoría adaptadas de aquellas desarrolladas en la investigación biomédica. Así pues, la cuantificación de los grupos carbonilo a través del método de la dinitrofenilhidrazina (DNPH) se ha convertido en el procedimiento de uso generalizado y rutinario en gran variedad de productos cárnicos. Este método cuantifica los grupos carbonilo presentes en las proteínas previa derivatización con DNPH. El DNPH es capaz de reaccionar con los grupos carbonilo formando un compuesto cromóforo, la DNP- hidrazona, que se cuantifica espectrofotométricamente a 370 nm^{13,76,79} (Figura 12).

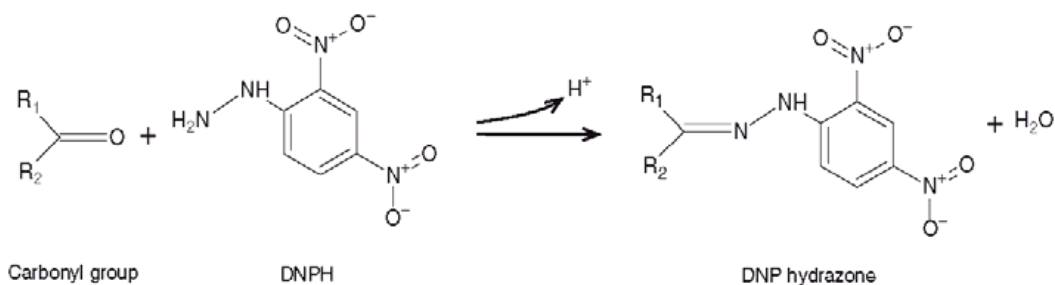


Figura 12. Detección de grupos carbonilo usando DNPH⁷⁶.

Aunque este método se ha descrito como robusto y preciso, el DNPH no reacciona específicamente con los grupos carbonilo de las proteínas, sino que también es capaz de reaccionar con los grupos carbonilo de los lípidos, dando lugar a una sobreestimación en la concentración total de carbonilos procedentes de proteínas.

3.1.5.3. Fracción lipídica

La fracción lipídica es la más variable en la composición de la carne y se localiza en el tejido adiposo subcutáneo, en el interior de la cavidad corporal o incluida en el tejido intermuscular e intramuscular. En la grasa animal predominan los lípidos neutros, que se localizan, en forma de triglicéridos, en los depósitos de tejido adiposo y en la grasa intramuscular. La grasa también se constituye de fosfolípidos y otros lípidos polares que forman parte de las membranas celulares.

La lipólisis es uno de los fenómenos madurativos de los productos curados, que se desarrolla en la grasa durante el proceso de secado-maduración y constituye el principal paso en la auto-oxidación de ácidos grasos libres. Esta auto-oxidación generará compuestos volátiles que determinarán el perfil de flavor del producto. De forma general, se puede afirmar que los lípidos de los cárnicos curados son precursores de muchas sustancias aromáticas, que se forman como resultado de

fenómenos lipolíticos y oxidativos, durante el proceso de maduración, que van a tener un importante papel en el desarrollo de las características sensoriales finales⁵⁵.

En este trabajo no se estudian los fenómenos asociados a la fracción lipídica del producto.

3.1.6- Evolución de los productos cárnicos cocidos

3.1.6.1. Parámetros fisicoquímicos

3.1.6.1.1 Humedad y actividad de agua

Los fiambres cocidos son productos con alto contenido de humedad. La elevada actividad de agua hace que las condiciones sean muy favorables para la proteólisis, aunque también es cierto que las enzimas musculares son sensibles a temperaturas mayores de 50 °C, lo que provoca su rápida inactivación durante la cocción

En general pueden añadirse fosfatos, polifosfatos o pirofosfatos (en salmuera) con el objetivo de aumentar la CRA, aunque las cantidades de estos compuestos están reguladas y controladas. Los fosfatos aumentan el pH del jamón y su fuerza iónica, aumentando también la capacidad captadora y fijadora de agua, influenciando favorablemente en el rendimiento y jugosidad de las piezas. Cuando se trata de piezas enteras la salmuera puede ser inyectada en la pieza de carne mediante diversos métodos (inmersión en salmuera, inyección, etc.), siendo el más empleado el de inyección, que consiste en inyectar la salmuera directamente mediante un sistema de agujas huecas. En el caso que se trabaje con recortes picados de carne la salmuera es incorporada mediante mezclado directo. La etapa de malaxado/amasado permite aumentar la blandura, jugosidad y cohesión del producto final así como el rendimiento, ya que tanto el allí se induce la extracción de las proteínas solubles en sales (actina y miosina), que coagulan durante el calentamiento e influyen positivamente sobre la consistencia^{36,80}.

3.1.6.1.2 pH

El valor de pH resulta de esencial importancia en la evaluación de la aptitud de la materia prima para los productos cocidos, ya que este dato permite predecir la capacidad de retención de agua de la carne (CRA), de la que dependerán las pérdidas por cocción y la jugosidad final de los fiambres. Por lo que, para la elaboración de productos cocidos sólo deben seleccionarse piezas o recortes con pH entre 5,8 y 6,2. La carne con estos valores de pH cuenta con una buena CRA, proporcionando una textura blanda y jugosa y un buen rendimiento en la fabricación.

3.1.6.1.3 Desarrollo de color

Los fiambres cocidos se destacan por tener un color rosáceo como consecuencia de la adición de nitritos. El nitrito es reducido a óxido nítrico, el cual reacciona con la mioglobina formando nitrosomioglobina, que es la que da el color rojizo. Este color cambia de rojo a rosa durante el proceso de cocción, especialmente a temperaturas superiores a 65 °C, debido a la formación de nitrosohemocromo (Figura 8), que da una coloración rosa claro³⁶. El ascorbato sódico puede ser añadido con el fin de asegurar la desaparición rápida de los nitritos y así evitar la generación de nitrosaminas.

3.1.6.2. Fracción proteica

En el fiambre cocido la proteólisis no tiene tanta influencia sobre el sabor y aroma del producto final como en el caso de los productos curados. Durante el proceso de producción de los cocidos se produce un importante aumento en el contenido de aminoácidos libres en general, aunque algunos de ellos se degradan durante el proceso. En este sentido, la cocción puede afectar significativamente a las concentraciones de lisina, metionina, y, especialmente, el triptófano, que desaparece

totalmente al final de la cocción. La glutamina también desaparece, pero solo parcialmente. Tanto la alanil aminopeptidasa como la arginil aminopeptidasa pueden ser muy activas durante el tratamiento térmico, participando en la generación de aminoácidos libres, aunque la actividad de la alanil aminopeptidasa al final del proceso de cocción es muy baja, y la del resto de las aminopeptidasas es prácticamente indetectable.

Los aminoácidos libres y péptidos pequeños generados durante esta intensa proteólisis son responsables en gran medida, junto a otros compuestos, del característico aroma y sabor tanto de los curados como de los cocidos.

Además, los aminoácidos constituyen el sustrato de nuevas reacciones químicas como las reacciones de Maillard^{36,37,80}.

3.1.6.3. Fracción lipídica

La fracción lipídica muscular está constituida fundamentalmente por triglicéridos y fosfolípidos. El contenido de lípidos influirá en la untuosidad y palatabilidad del fiambre. La lipólisis consiste en la hidrólisis enzimática de los lípidos musculares o del tejido adiposo y se traduce en la generación de ácidos grasos libres. La lipólisis también se ve favorecida por las condiciones existentes en este producto antes de la etapa de cocción, especialmente por la proximidad de su valor de pH a la neutralidad⁸⁰.

3.1.7- La sal en la historia

La costumbre de adicionar sal a la comida se remonta a tiempos de la prehistoria. Hay quienes la sitúan en el periodo del Neolítico (7.000 años A.C.), otros en la edad de Bronce. Durante la época neolítica se convirtió en un elemento de primera necesidad. Se incorporó al modo de vida, en principio como conservante de alimentos y luego añadida como condimento a la dieta, permitió así el desarrollo y asentamiento de las comunidades y se convirtió en una de las sustancias más comercializadas y valoradas.

La sal empezó a utilizarse en sitios donde se encontraba fácilmente, regiones como el Oriente Medio, del Jordán, Nilo, valles de Méjico y del Perú, China y Europa Central. China fue quien primero documentó el uso, extracción y explotación de sal (desde el siglo XXVII A.C.). En el Imperio chino, la sal tuvo un gran auge, de tal forma que 511 años A.C., el impuesto sobre la venta de sal representaba el 80 % de sus ingresos.

El valor de la sal queda reflejado, por ejemplo, en la antigua Grecia, donde un esclavo valía su peso en sal. Además, en la cultura de los pueblos antiguos la imagen de la sal estaba unida a los conceptos de fidelidad, de la amistad y de la mutua confianza e incluso se convirtió en un símbolo religioso. En el Imperio Romano se crearon rutas específicas en Europa para facilitar el mercadeo de la sal, una de las más importantes tiene su origen en Roma, y es la denominada "Vía Salaria". El uso de la sal estaba tan extendido, que los legionarios romanos recibían cada día como parte del pago de sus servicios un puñado de sal al que denominaron "*salarium*", término del que deriva la palabra salario en castellano. Mientras que, en Roma, uno de sus primeros reyes, Ancus Martius instauró un tipo de impuesto sobre la sal denominado "salinator". La valoración como moneda de cambio de la sal que había estado llevándose a cabo, así como el hecho de que sólo se encontraba en determinados y concretos puntos de un territorio y debía de ser transportada por las obligadas "rutas de la sal", despertó la codicia hacia su control y monopolio, dando origen a importantes ciudades y centros de comunicación, a la par que fue causa de múltiples guerras^{81,82}.

Durante la Edad Media los señores feudales se hicieron con el control de las explotaciones salinas e impusieron elevados impuestos a sus consumidores. En épocas más modernas, se impuso la compra obligatoria de la sal, en la cantidad que los recaudadores estipulaban y a un precio fijado. Es decir, no se compraba la sal que

uno suponía necesitar, sino que le imponían la cantidad que tenía que comprar o consumir, lo que en Francia se denominó “la gabelle”. En otros países no existía “la gabelle”, sino un fuerte impuesto sobre la venta de sal. De hecho, en el siglo XVII, a un obrero el coste de sal de un año equivalía a dos semanas de trabajo. No fue hasta la Revolución Francesa (1789), cuando se inició la abolición de este impuesto, dado que se desarrollaron nuevos procesos industriales para la conservación de alimentos^{83,84}.

Ya a comienzos del siglo XIX, la idea de generar frío artificial para conservar los alimentos se fue perfeccionando poco a poco con numerosas invenciones que mejoraron las prestaciones ya existentes. Progresivamente la explotación y venta de la sal fue declarándose libre en toda Europa culminando el libre comercio de la misma durante el siglo XX⁸⁵. Los avances en la conservación de alimentos y la eficiencia de la industria de la sal hicieron decrecer la demanda mundial de sal. El uso de la sal fue más allá de la condimentación y la conservación ya que empezó a emplearse en la fabricación de numerosos productos industriales, químicos y farmacéuticos.

Asimismo, durante este siglo los beneficios y perjuicios del consumo excesivo de sal se fueron clarificando cuando en el año 1994 el COMA (Comite on Medical Aspects of Food and Nutrition Policity) recomienda una dosis máxima de ingesta de sal por persona de 6 g al día.

Y a comienzos del siglo XXI, las normas dietéticas de la mayoría de países occidentales recomendaron reducir la cantidad total de sal en los alimentos procesados, tal y como se refleja en la Tabla 1 (apartado 1) en la que aparecen las recomendaciones de la Food Standard Agency (FSA) para algunos de estos productos. Todo esto se debe a que cada vez es más evidente la relación existente entre la ingesta de elevadas cantidades de sal en la dieta y el aumento de la presión arterial^{13,86}.

3.1.8- Sal y salud

Desde épocas antiguas ya se relacionaba el consumo de sal con las funciones renal y cardíaca. Luego se sucedieron varios estudios, que han confirmado dicha correspondencia. Los mismos se basan en investigaciones de tipo antropológico, en estudios de carácter epidemiológico, de migración, ensayos de intervención clínica y genéticos⁸⁷⁻⁹⁰.

Los resultados de la mayoría de los estudios de intervención clínica en humanos confirman que se produce un aumento de la presión arterial cuando se incrementa la ingesta de sodio y por el contrario, dietas bajas en sodio producen una reducción de la presión arterial⁹¹. Uno de los estudios más importantes fue el DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension) que trató sobre el efecto de la ingesta de sodio sobre la presión arterial a tres niveles diferentes (bajo, intermedio y alto) utilizando dos dietas: la dieta DASH (rica en magnesio, potasio, calcio, también proteínas y fibras) y una dieta control. El tipo de dieta y la cantidad de sodio que se ingirieron fueron determinantes en la reducción de la presión arterial⁹².

Un reporte del año 2006⁹³ emplea suplementos alimenticios de CaCl_2 y MgCl_2 como tratamiento para la hipertensión. En este caso los resultados obtenidos no han sido concluyentes.

Diversos estudios⁹⁴⁻⁹⁶ sugieren una cierta relación entre la ingesta de calcio, potasio y/o magnesio y la modificación de la presión arterial. Los resultados muestran que un aumento en el consumo de estos minerales podría disminuir la presión arterial a corto plazo.

En la disminución de la presión arterial provocada por el potasio, intervienen varios mecanismos⁹⁷⁻⁹⁹. Mientras que incrementos en la ingesta de potasio (alrededor de 30-45 mmol K^+ al día), provocan disminuciones de la presión arterial alrededor de 2-3 mm de Hg¹⁰⁰⁻¹⁰².

Investigaciones sobre migraciones muestran que diferentes grupos de poblaciones sufren un aumento en la presión arterial cuando migran de zonas donde se consume poca cantidad de sal de sodio, generalmente zonas rurales, a otras donde la ingesta de esta sal es más elevada, generalmente grandes ciudades^{103,104}.

En la mayoría de países desarrollados, la reducción de la ingesta de sal se puede lograr mediante un descenso gradual y sostenido en la cantidad de sal que la industria alimentaria añade a sus productos. En paralelo son necesarias las campañas de salud pública para estimular a los consumidores a usar menos cantidad de sal en el cocinado doméstico.

Son muchos los países que han elaborado sus propias recomendaciones sanitarias dirigidas a distintos sectores de la población (niños, ancianos, industria alimentaria, restauración) y han sugerido distintas medidas para llegar a la meta admitida como saludable por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de 6 g al día como máximo¹³ (ver Tabla 5).

Tabla 5. Directrices de la ingesta de sal marcadas por "Scientific Advisory Committee on Nutrition" (SACN)¹⁰⁵.

Edad	Ingesta media recomendada de sal (g/día)
0-6 meses	< 1 g/día
7-12 meses	1 g/día
1-3 años	2 g/día
4-6 años	3 g/día
7-10 años	5 g/día
11-14 años	6 g/día
Adultos	6 g/día

Existe en la actualidad una tendencia mundial en la reducción de la ingesta de sodio, muchos países han elaborado planes nacionales de reducción del mismo. Sin embargo, como se expresó anteriormente el aporte mayoritario de NaCl a la dieta proviene de alimentos procesados.

La carne y los productos cárnicos contribuyen en gran medida al aporte diario de sodio, ocupando el segundo puesto después de los cereales y sus derivados. La mayor parte de este aporte proviene de los productos cárnicos procesados, aunque hay diferencias entre países. El consumo de productos cárnicos está ampliamente extendido, representando una parte importante de la ingesta diaria de sal, que puede llegar al 30 %, en Irlanda, Inglaterra o E.E.U.U por ejemplo¹³.

La contribución diaria de sal por parte de los productos cárnicos procesados se sitúa entorno al 20 %. Hay que tener en cuenta que no todos los productos cárnicos contienen los mismos niveles de sal e incluso dentro de un mismo producto puede variar considerablemente su contenido. Además, durante la elaboración de algunos de ellos se añaden ciertos aditivos adicionales como el glutamato monosódico, el fosfato sódico, el nitrato sódico, el ascorbato sódico o el nitrito sódico que van a actuar como fuentes adicionales de sodio, aunque, la contribución al contenido final de sodio por parte de éstos es baja en comparación con la del cloruro sódico que es aproximadamente de un 75 %¹⁰⁶.

La sal está constituida por los iones sodio y cloruro en una proporción del 40 y 60 %, en peso respectivamente; de modo que una cucharadita de sal (aproximadamente 6 g) contiene 2,4 g de sodio. Ambos iones (Na⁺ y Cl⁻) desempeñan diferentes funciones en el organismo. El sodio (junto con el potasio) es un elemento mineral esencial para poder llevar a cabo la regulación del balance hídrico corporal, la transmisión del impulso nervioso y la inervación muscular. Este se encuentra en un 50 % en los líquidos extracelulares, un 10 % dentro de las células y en un 40 % en los huesos. El cloruro forma parte del líquido intra y extracelular, es necesario para

mantener el equilibrio ácido-base y la osmolaridad de los tejidos; asimismo participa en la activación enzimática digestiva¹³.

La regulación de la concentración de sodio en el organismo implica el equilibrio entre ingesta y absorción de sodio y su eliminación (por el riñón y, en menor grado, por el intestino grueso, el sudor y las secreciones digestivas). Los mecanismos implicados en el mantenimiento del contenido de sodio son los mismos que controlan el volumen y el metabolismo del agua¹⁰⁷.

El exceso de sodio ingerido, se absorbe rápidamente en el intestino, determinando un aumento de la osmolalidad plasmática. Ésta estimula la sensación de sed y obliga al consumo de agua con la consiguiente expansión del volumen intravascular. Para compensar y controlar este aumento de volumen, los riñones responden eliminando la sobrecarga de sodio y agua. El año 1963 Borst y Borst-de Geus¹⁰⁸ postularon a la hipertensión arterial como parte de un mecanismo homeostático necesario para aumentar la excreción renal de sodio. Un gran avance para la comprensión de este fenómeno lo estableció Guyton¹⁰⁹, quien sugirió un defecto patológico renal que impide la eliminación de todo el sodio ingerido. Para lograr eliminar el exceso, la presión arterial debe aumentar con el fin de incrementar la presión de filtración en los glomérulos y así, aumentar la carga filtrada y la excreción urinaria de sodio. En condiciones normales existe un balance entre la presión de perfusión renal (aproximadamente 100 mmHg) y la eliminación urinaria de sodio (aproximadamente 100 – 120 mEq). Este equilibrio se rompe, al asociar un consumo exagerado de sodio con diferentes factores que afectan la integridad anatómica y funcional renal, apareciendo hipertensión (Ver Figura 13)⁹.

La alimentación actual, generalmente preparada con alimentos procesados y escasa en frutas y vegetales, es rica en sodio, y, además, pobre en potasio. Cabe hacer notar, que en poblaciones que consumen alimentos naturales, la ingesta diaria de potasio es del orden de 150 mEq (5,8 g)¹¹⁰. El consumo reducido de potasio es un tópico de gran interés en el desarrollo de hipertensión; de hecho, el déficit de potasio aumenta las cifras de presión arterial y la administración oral de suplementos de potasio a pacientes hipertensos disminuye sus valores, como se demostró en el año 1991^{111,112}. Como se mencionó con anterioridad en este mismo apartado el aumento de la ingesta de potasio tiene un significativo efecto antihipertensivo y potencia la reducción de la presión arterial lograda con la disminución del consumo de sodio. Pacientes hipertensos que aumentan el consumo de vegetales y frutas y por lo tanto el aporte dietético de potasio, evidencian una mejoría de los signos de disfunción endotelial y un mejor pronóstico cardiovascular^{113,114}.

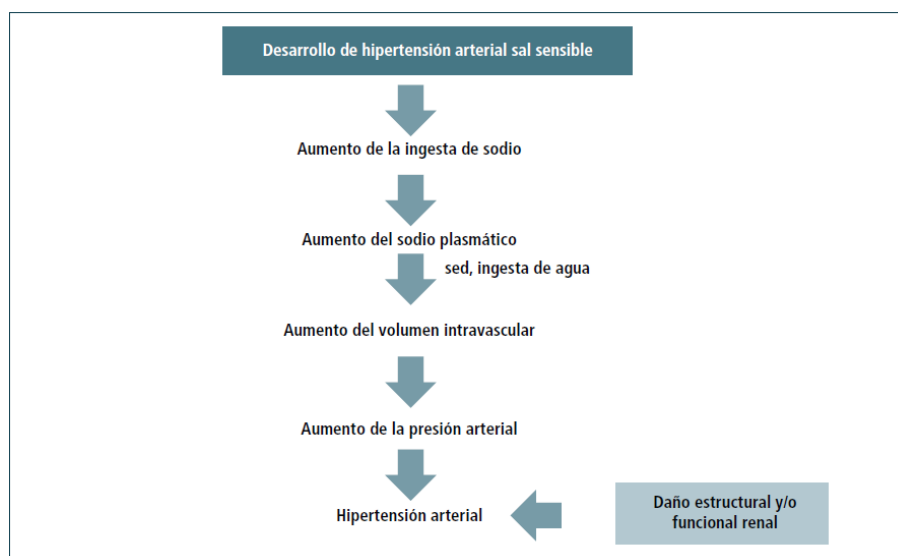


Figura 13. Resumen de la Hipótesis de Guyton para explicar el desarrollo de Hipertensión Arterial Salsensible⁹.

En consecuencia, la industria alimentaria desempeña un papel fundamental para suministrar alimentos a los cuales se les mejora sus condiciones relativas a la salud. Las decisiones de realizar este tipo de modificaciones, ya sea reducción de las cantidades de sal, azúcar y/o grasas añadidas a los alimentos industrializados y la revisión de muchas de las actuales prácticas de comercialización podrían acelerar las mejoras de la salud en todo el mundo¹¹⁵. Constituye un importante desafío encontrar un producto final con menor contenido de sodio, seguro y con atributos sensoriales característicos.

3.2- INDUSTRIA ALIMENTARIA EN LA REDUCCIÓN DE SODIO

La industria de la alimentación reconoce que reducir el nivel de sal en los productos es una necesidad, ya que los consumidores así lo demandan. Esto se plantea como un desafío, se deben encontrar alternativas para reemplazar o reducir el sodio, pero al mismo tiempo mantener las características sensoriales del producto.

Desde hace unos años algunos gobiernos, la FSA (Food Standard Agency) y el CASH (Consensus Action Salt and Health) han realizado numerosos esfuerzos animando a las grandes industrias de la alimentación a disminuir de manera gradual el porcentaje de sal en sus productos. En Europa en los últimos años se ha observado una gran actividad en cuanto al lanzamiento de productos con menor contenido de sodio. Empresas del sector cárnico español como Campofrío y el Pozo tienen en el mercado una gama de productos cocidos con bajo contenido de sodio¹³.

En Argentina los Ministerios de Salud y de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación suscribieron un convenio marco con la Coordinadora de las Industrias de Productos Alimenticios (COPAL), Cámaras Alimentarias y empresas con el objetivo de contribuir a que la población disminuya el consumo de sal y, de esta manera, se logre incidir sobre uno de los principales factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares.

El acuerdo establece que en el sector industrial de alimentos la reducción del contenido de sodio será voluntaria y progresiva, aplicada en los cuatro grupos de alimentos procesados prioritarios, integrados por carnes y productos cárnicos (salazones cocidas, chacinados cocidos y secos, embutidos y no embutidos y otros); los farináceos (galletitas, panificados y snacks); los lácteos (gran variedad de tipos de quesos); y las sopas, aderezos y conservas.

Las metas de este convenio fueron fijadas inicialmente a dos años, para alcanzar, en 2020, la meta de 5 gramos diarios de consumo promedio de sal por persona, según el valor máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Para lograr este objetivo, desde 2010 la cartera sanitaria nacional viene llevando adelante la iniciativa "Menos Sal, Más Vida", una estrategia que persigue disminuir el consumo de sal de la población para reducir la importante carga sanitaria que representan las enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y renales. La misma trabaja dos ejes fundamentales, la concientización de la sociedad sobre la necesidad de disminuir la incorporación de sal en las comidas, y la firma de acuerdos voluntarios con la industria alimentaria para lograr la reducción del contenido de sodio de los alimentos procesados.

El Ministerio se encarga de difundir a través de medios masivos, la lista de las empresas que se encuentren trabajando en esta reducción en sus productos, así como a realizar estrategias de comunicación destinadas a fomentar hábitos saludables y a educar a la población sobre el uso adecuado de la sal.

Entre 2011 y 2014 se firmaron más de 40 convenios con firmas y/entidades empresariales para reducir contenido de sodio en 532 productos alimenticios de consumo masivo. De ellos 115 son cárnicos y sus derivados, 269 farináceos, 78 sopas,

aderezos y conservas, y 70 lácteos. Como resultado de las acciones iniciadas en 2011, se estima que se ha logrado reducir en 2 gramos el consumo de sodio anual per cápita de los argentinos. En 2015 se llevó a cabo un acto en el Ministerio de Salud de la Nación, donde se suscribieron más actas de adhesión de diferentes supermercados reconocidos en el país, los cuales cuentan con varias sucursales distribuidas en todo el territorio. También estuvieron presentes representantes de otros supermercados, quienes están en instancia de firma próxima.

El convenio marco también establece el seguimiento y monitoreo de las metas específicas fijadas para cada uno de los grupos de alimentos procesados. El mismo está a cargo del Instituto Nacional de Alimentos (INAL), organismo dependiente de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).

Los detalles del acuerdo con respecto al grupo de cárnicos y derivados tiene distintos objetivos según del producto específico que se trate, como se detalla en la Tabla 6¹¹⁶. Aunque no se encuentran comprendidos productos tales como lomo, bondiola y jamón curados.

Tabla 6. Tabla de Reducción voluntaria y progresiva del contenido de sodio en productos cárnicos y sus derivados¹¹⁶.

PRODUCTO CÁRNICO	REDUCCIÓN DE SODIO
Grupo de chacinados cocidos, embutidos o no embutidos. Salazones cocidas: incluye salchichas salchichón, mortadela, jamón cocido, fiambres cocidos y morcilla.	Se reducirá como mínimo un 8 % el contenido máximo de sodio en 100 g de producto (1300 mg), alcanzando un valor de 1196 g.
Grupo de chacinados secos: salame, salamín, longaniza y sorpresata.	Se reducirá como mínimo un 5 % el contenido máximo de sodio en 100 g de producto (2000 mg), alcanzando un valor de 1900 g.
Grupo embutidos frescos: chorizos.	Se reducirá como mínimo un 5 % el contenido máximo de sodio en 100 g de producto (1000 mg), alcanzando un valor de 950 g.
Grupo chacinados frescos: hamburguesas.	Se reducirá como mínimo un 15 % el contenido máximo de sodio en 100 g de producto (1000 mg), alcanzando un valor de 850 g.
Grupo empanados de pollo: nuggets, bocaditos, patynitos, supremas, patitas, medallón, chickenitos y formitas.	Se reducirá como mínimo un 8 % el contenido máximo de sodio en 100 g de producto (800 mg), alcanzando un valor de 736 g.

3.2.1- Reducción del contenido de sodio en productos cárnicos

Como se ha señalado en apartados anteriores la sal ha sido utilizada desde la antigüedad por su acción conservante debido a que es capaz de reducir la a_w del producto y, por lo tanto, retrasar el crecimiento microbiano. También es responsable del desarrollo de la textura, y otorgar sabor característico a los productos cárnicos procesados. La sal es además esencial para el desarrollo de aroma y sabor. Por todo esto es que se puede concluir en que la sal mejora la aptitud tecnológica de los productos cárnicos.

Existen pocas referencias sobre la calidad de salazones con reducción de NaCl sin añadir sustitutos. En general es necesario realizar un reemplazo parcial del NaCl por algún otro ingrediente o aditivo que cumpla en forma directa o indirecta sus funciones tecnológicas y/u organolépticas¹¹⁷.

Hay muy pocos datos disponibles acerca de las propiedades antimicrobianas de las sales empleadas como sustitutivas del NaCl como son el cloruro potásico (KCl), el cloruro cálcico (CaCl_2), el cloruro magnésico (MgCl_2) y el lactato sódico o potásico.

Betts y otros¹¹⁸ en 2007 demostraron que el empleo de KCl tiene efectos similares al del NaCl, sobre la conservación de los productos cárnicos, lo mismo que el lactato potásico a concentraciones del orden del 3 %.

De cualquier manera en la práctica, como se ha mencionado también con anterioridad, las concentraciones de cloruro sódico presentes en los productos cárnicos, no serían suficientes para ejercer un efecto bacteriostático por sí solo que permita la conservación del producto y, por tanto, se hace necesario el uso paralelo de otros conservantes como los nitratos y los nitritos que controlen el crecimiento microbiano, protegiendo así al producto de posibles contaminaciones y con ello lograr inhibir o retardar el crecimiento de bacterias como *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* o *Staphylococcus aureus*^{1,34,38,118,119}.

La sal confiere el sabor salado a los productos cárnicos y potencia el desarrollo de su sabor característico. La percepción del sabor salado y su intensidad dependen del contenido de sal en el producto y es provocada por la estimulación de las papilas gustativas de los bordes laterales de la lengua al entrar en contacto con la sal. En la Figura 14 se muestra un esquema de la percepción conjunta de sabor, olor, textura.

La misma cantidad de sal no supone la misma sensación de sabor ya que influyen otros factores como las propias características del producto, la cantidad de grasa o la formación de complejos entre los aniones y las proteínas, que secuestran cierta cantidad de sal disminuyendo el grado de sabor salado.

Además, la percepción del sabor salado también está afectada por la presencia de algunos aminoácidos u otras sustancias procedentes de la proteólisis que pueden ser potenciadores o enmascarantes del sabor¹²⁰.

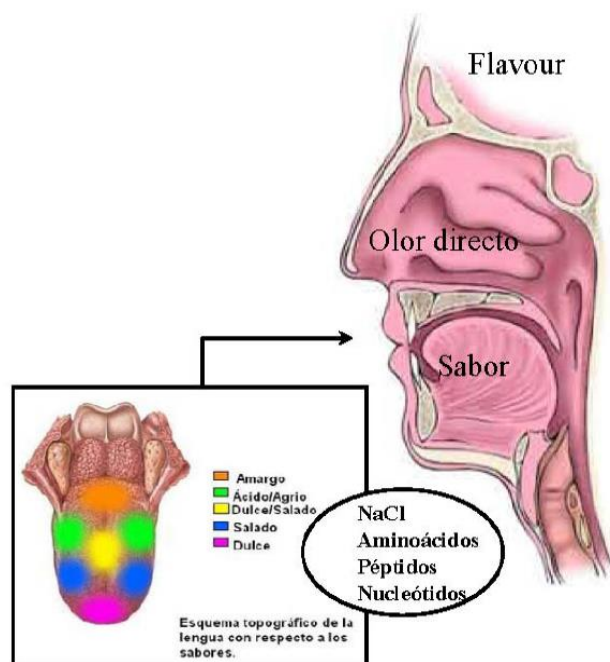


Figura 14. El flavour de un producto cárnico salado curado es el resultado de la percepción conjunta del sabor, olor y textura¹³.

Otras especies químicas, tales como cloruros, bromuros, yoduros, nitratos y sulfatos de potasio o litio, pueden producir un sabor salado combinado con otras percepciones, pero sólo el cloruro sódico da lo que generalmente se reconoce como sabor "salado puro". Así, las sales de litio producen sabores salados, el cloruro potásico produce sabores amargos y las sales divalentes como el cloruro cálcico o magnésico pueden generar sabores metálicos o incluso sensaciones astringentes al contactar con las papilas gustativas¹²¹.

Así, las variaciones, tanto en el contenido de sal como en su composición, pueden tener importantes consecuencias tanto directas, sobre el sabor del producto final, como indirectas, al verse afectadas las reacciones bioquímicas responsables del desarrollo del sabor y que llevarían a la aparición de sabores desagradables (amargos, metálicos, etc.)^{68,122}.

Las proteínas solubles, tanto las sarcoplásmicas como las miofibrilares, experimentan durante la maduración de los productos cárnicos curados un proceso de desnaturalización que se manifiesta en un descenso en la cantidad de proteína solubilizada. La presencia de sal en el medio provoca un incremento en la fuerza iónica aumentando la solubilidad de las proteínas miofibrilares que son solubles en soluciones de fuerza iónica media-alta. Asimismo, la sal junto con temperaturas relativamente altas que se producen en determinadas etapas del proceso ocasionan cambios estructurales en las proteínas debido principalmente a las interacciones electrostáticas que se producen entre éstas y los iones sodio y cloruro^{62,63}.

Cualquier factor que altere la solubilidad de dichas proteínas afectará necesariamente a la textura del producto ya que dicha pérdida de solubilidad puede influir sobre los procesos proteolíticos, estimulándolos o inhibiéndolos, y modifica algunas propiedades funcionales, como la capacidad de retención de agua que disminuye, favoreciéndose la deshidratación. La desnaturalización de las proteínas se desencadena, pero también se controla, por las condiciones que van creándose durante el proceso de elaboración de los productos cárnicos curados. Aunque se produce tanto en proteínas sarcoplásmicas como miofibrilares son estas últimas las que van a verse más afectadas. Los principales agentes causantes de estos fenómenos son la sal y/o la temperatura.

Una vez solubilizadas la proteínas, por el efecto conjunto de la sal, la deshidratación y la temperatura, éstas pueden sufrir procesos de desnaturalización parcial y reorganización que darán lugar a un gel proteico, constituido por carne, grasa y agua, que va a permitir una mejor ligazón de la masa muscular y, por lo tanto, la ternura y jugosidad del producto se va a ver mejorada^{14,66,106}.

El efecto de la sal sobre el sistema proteolítico muscular ha sido ampliamente estudiado en las últimas décadas, dado que la actividad sobre algunas de sus enzimas como las catepsinas y algunas proteasas, como la alanilaminopeptidasa (AAP), están influidas por el contenido de NaCl^{119,62,123,124}.

Como ya fue enunciado en este y anteriores apartados las principales enzimas que actúan sobre las proteínas musculares son endoproteasas y exopeptidasas. Durante el curado originan una serie de productos finales (péptidos y aminoácidos libres) que son los principales responsables del desarrollo del aroma y flavor del producto (ver Figura 10)¹³.

A continuación, se exponen diversos antecedentes para productos curados, en donde se realizaron tratamientos de sustitución parcial de NaCl por una o varias sustancias y se evaluó el efecto sobre las diferentes características y propiedades que se han mencionado arriba.

Gou y otros¹²⁵ observaron en lomos de cerdo salados curados y embutidos fermentados que la sustitución de NaCl por KCl era limitada, pues esta última por encima de una sustitución del 40 % causaba un sabor amargo. Estos resultados coinciden Campagnol y otros¹²⁶ y Guárdia y otros¹²⁷. Armenteros y otros¹²⁸ realizaron sustituciones con KCl en lomos de cerdo curados. La sustitución del 50 % con KCl fue la mejor evaluada sensorialmente. La proteólisis y lipólisis no se vio afectada con sustituciones mayores al 50 %.

Algunos estudios utilizaron mezclas de sales u otras alternativas para enmascarar el sabor amargo del KCl. Campagnol y otros¹²⁶ utilizaron extractos de levadura mejorando así los defectos producidos al adicionar KCl. Otros autores emplearon lactato de potasio debido a su función como potenciador de sabor^{125,127,129}. Altas sustituciones con lactato produjeron problemas en la disminución del pH y esto representa un riesgo microbiológico. Espinoza Ibarra y Hernández López¹³⁰ evaluaron

el efecto de tres niveles de lactato de potasio en jamón de cerdo, salchicha Frankfurter y chorizo parrillero. El lactato de potasio mejora la aceptación de la textura del jamón y el chorizo parrillero a niveles altos de NaCl. Mejora la aceptación de la textura de las salchichas Frankfurter, sin importar el nivel de NaCl adicionado, y a niveles bajos de éste último, mejora la aceptación general. El efecto antimicrobiano del lactato de potasio disminuye a niveles altos de sal. Cambios marcados en la formulación del chorizo parrillero (1,25 % cloruro de sodio, 1,5 % lactato de potasio), no fueron preferidos por los consumidores sobre el control (1,5 % cloruro de sodio, 0 % lactato de potasio).

Gou y otros¹²⁵ y Gelabert y otros¹²⁹ señalaron que sustituciones superiores al 20 % y 40 % de glicina respectivamente no fueron aceptables. Este aminoácido, como así también otros, son utilizados para evitar sabores no deseados.

Varios autores utilizan la mezcla de sales de cloro (NaCl, KCl, CaCl₂ y MgCl₂) en embutidos fermentados^{15-17,131,132,133} obteniendo productos aceptables aunque en algunos casos con pequeñas modificaciones en determinados parámetros. Aliño y otros¹³⁴ también reemplazaron el NaCl por mezclas KCl, CaCl₂ y MgCl₂ en lomos de cerdo curados. Los productos con reemplazo del 70 % de NaCl por la mezcla de sales, se vieron afectados en su dureza y masticabilidad. No presentan riesgos de seguridad los lomos curados con diferentes sustituciones de NaCl, los recuentos microbiológicos no muestran diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados. Aliño y otros¹³⁵ estudiaron la influencia de los reemplazos parciales de NaCl con mezclas de KCl, CaCl₂ y MgCl₂ sobre la cinética del salado en lomos de cerdo curados. Sus resultados muestran que sustituciones parciales de sodio afectan el transporte de agua en el proceso de salado. La presencia de KCl disminuye la pérdida de agua, mientras que CaCl₂ y MgCl₂ ejercen el efecto opuesto. No obstante, reemplazos superiores al 50 % de NaCl por KCl no tuvieron efectos significativos sobre la cinética de salado con respecto a la formulación de control (100 % NaCl).

Jimeno en 200¹⁶ estudió el efecto sobre color, textura y cualidades higiénicas de salame del ascorbato de calcio como potencial sustituto del parcial de NaCl, siendo viable el uso de esta sal al no producir problemas tecnológicos.

Los estudios para la reducción de NaCl deben abordar la problemática que plantea la disminución o sustitución parcial de ésta sobre el producto cárnico (propiedades sensoriales, estabilidad, tiempo de vida útil, etc.,).

Consecuentemente, para establecer el tipo de estrategia a seguir a la hora de reducir el contenido de NaCl en los productos cárnicos es de vital importancia revisar las funciones que realiza esta sustancia en los mismos.

3.2.2- Evaluación de la calidad sensorial de productos cárnicos

La calidad sensorial de productos cárnicos, al igual que la de cualquier alimento, se puede establecer a través de una valoración de sus características organolépticas. Esta valoración se puede llevar a cabo a través de un conjunto de individuos, previamente entrenados o no, que evalúan en el producto de forma objetiva, la presencia e intensidad de una serie de parámetros.

La evaluación sensorial se encuentra definida en la bibliografía de varias maneras, pero se puede generalizar diciendo que se trata de una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos vista, gusto, olfato, tacto y oído. Este método se utiliza para medir, analizar, clasificar e interpretar aquellas respuestas percibidas a través de los sentidos. Así se conoce la opinión del consumidor sobre determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios que se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los mismos^{55,136,137}.

La información obtenida de ensayos descriptivos con catadores entrenados, y/o la adquirida mediante tests hedónicos con paneles no entrenados, permite valorar la importancia relativa de cada atributo sobre la calidad global de un producto¹³⁸.

El análisis sensorial es particularmente útil cuando una industria desea introducir un nuevo producto en el mercado, para ello necesita saber cuáles son las características sensoriales de los productos de la competencia y cuáles son las de su propio producto. Se emplea además en el establecimiento de la diferencia sensorial en casos que se desee conocer si un cambio en la formulación, en el proceso, de sustitución de un ingrediente, o para la comparación de distintos lotes de un mismo producto está afectando la calidad sensorial. El concepto de calidad sensorial es difícil de definir porque no está ligado exclusivamente a características o propiedades intrínsecas del alimento, sino que es el resultado de la interacción entre éste y el consumidor. La calidad total de un producto alimentario está definida por los denominados factores de calidad primarios y secundarios. Entre los factores primarios, se incluyen las características sensoriales de los alimentos, tales como la textura, el olor, el sabor y la apariencia, mientras que el grupo de factores secundarios, estaría integrado por factores tales como el precio, el etiquetado y el envasado, la imagen, etc.

También se tiene en cuenta la vida útil del producto, ya que puede sufrir deterioros durante su comercialización, con ello se podría determinar la fecha de caducidad del producto. En ocasiones un producto no está deteriorado por acción de los microorganismos, sin embargo, puede suceder que agentes físicos o químicos hayan influido hasta el punto que el producto pierda la apariencia inicial, haciéndolos menos apetecibles.

Si se desean obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados. Solamente de esta manera, el análisis sensorial podrá producir resultados consistentes y reproducibles^{136,138,139}.

Los avances tecnológicos, han hecho posible que muchas pruebas y procedimientos sobre la calidad de un producto puedan realizarse con instrumentos analíticos. Sin embargo, hay cierta información que sólo puede ser evaluada con los sentidos.

Existen tres tipos principales de pruebas para realizar un análisis sensorial: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Se elegirán unas u otras dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar en un determinado estudio. En las pruebas discriminativas se desea establecer si existe diferencia o no entre dos muestras y, en algunos casos, la magnitud de esa diferencia. Cuando son sencillas pueden utilizarse jueces semi-entrenados; sin embargo, para pruebas más complejas es preferible que los jueces sean entrenados.

En las pruebas descriptivas se pretende definir las propiedades de un alimento y medirlas lo más objetivamente posible. El entrenamiento de los jueces debe ser intenso.

Las Pruebas afectivas también llamadas estudios de consumidores, son aquellas pruebas en las cuales los jueces integrantes del panel expresan su opinión personal y subjetiva sobre un producto, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto. Las pruebas de preferencia o aceptación de diferentes productos alimentarios son realizadas generalmente por consumidores ya que tienden a percibir el producto de un modo más general e integrado, y además, no están acostumbrados a analizar el significado de los diferentes términos frecuentemente utilizados durante la evaluación sensorial, ni tienen por qué entender el funcionamiento de las escalas usadas como unidad de medida. Se recomienda no emplear jueces sensoriales entrenados en pruebas de preferencia, ni tampoco consumidores en la realización de pruebas sensoriales más específicas.

Son pruebas difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone. Este tipo de pruebas son las indicadas para el tipo de estudio que se desea afrontar aquí, por lo que se ampliará acerca de las mismas.

Para realizarlas se utilizan jueces no entrenados, que deben ser consumidores habituales o potenciales del alimento a evaluar. Presentan una gran variabilidad en los resultados obtenidos y éstos son difíciles de interpretar. Dentro de estas pruebas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación. Es muy común utilizar escalas hedónicas en las hojas de respuestas para evaluar el nivel de agrado. Estas escalas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban. Las escalas hedónicas pueden ser variables o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y el número de la muestra a evaluar^{138,140,141}.

Los Análisis Sensoriales Hedónicos permiten saber cuál es el nivel de aceptabilidad de un nuevo producto en un determinado segmento de mercado. Para ello es necesario diseñar y realizar los estudios necesarios para determinar el nivel de aceptabilidad de un determinado producto, compararlo con su competencia y establecer sus características sensoriales que le agradan/desagradan a los consumidores respecto a sus productos y a los de la competencia. La aceptación o preferencia de un alimento determinado es un proceso dinámico en el que la relación alimento-hombre cambia de un grupo social a otro, incluso entre consumidores de un mismo grupo o para un mismo consumidor, de una época a otra. El hombre acepta cada alimento dependiendo de las características del mismo como sus propiedades fisicoquímicas que vienen determinadas por la composición de la materia prima, los ingredientes utilizados en su formulación, el procedimiento de preparación y por las condiciones de almacenamiento. Todas estas propiedades se traducen en atributos sensoriales (aroma, sabor, textura y aspecto) que influyen en la aceptación final del producto. Por otro lado, el consumidor está influido al mismo tiempo por otros factores como son su estado fisiológico, condicionamientos psicológicos y culturales (estado de ánimo, preocupaciones), sensaciones percibidas en ocasiones previas al consumir este alimento (agradables o desagradables) y la disposición económica según la cual podrá acceder o no al consumo frecuente del alimento. La acción conjunta de todos los factores, llevan al consumidor a la aceptación o rechazo del alimento. Aunque la mayoría de los factores que influyen en la aceptación final de un alimento está fuera del control directo del investigador, las experiencias cuidadosas con consumidores y el control de las condiciones de trabajo ayudan a reducir algunas fuentes de variación y a obtener resultados consistentes que proporcionen una información válida sobre la aceptación de un determinado alimento.

Para realizar estudios de preferencias se recomienda recurrir a grupos de entre 40 y 50 consumidores con el fin de obtener resultados con buena precisión. Sin embargo, estudios de aceptación realizados como paso previo al lanzamiento al mercado de una nueva formulación, requieren equipos más numerosos.

Existen 2 grupos de métodos de medida:

a) Métodos directos, con los que se evalúa la respuesta del consumidor al probar el alimento. Son los utilizados en aplicaciones tecnológicas y en procesos de investigación y desarrollo de nuevos productos.

b) Métodos indirectos, con los que se estudia el comportamiento de los consumidores y están más relacionados con estudios de mercado, investigaciones sobre actitudes de consumo y análisis de patrones de compra.

Tradicionalmente para establecer la aceptabilidad o la preferencia entre distintos productos se han utilizado diferentes métodos: las comparaciones por parejas, la ordenación hedónica y los conjuntos de escalas hedónicas o de estimación de la magnitud. En las pruebas de comparación por parejas se presentan al consumidor parejas de muestras y se le pide que indique la muestra que prefiere. En las pruebas

de ordenación hedónica, el consumidor debe ordenar las muestras por grado de preferencia. Sin embargo, la información que proporcionan es limitada ya que se conoce qué muestra es la más preferida pero no el grado de dicha preferencia.

Las escalas hedónicas son las más empleadas en la evaluación de la aceptabilidad, utilizándose para cuantificar su magnitud. Estas escalas pueden ser de amplitud variable diferenciándose entre escalas estructuradas y no estructuradas. Las estructuradas constan de varios puntos cada uno de los cuales está marcado por una expresión descriptiva que refleja el grado de aceptación o de rechazo que provoca el alimento. La escala hedónica de nueve puntos ha sido utilizada con profusión en estudios de preferencia y de aceptación. Posteriormente se han desarrollado escalas hedónicas más cortas (de 5 y 7 puntos) y más largas (15 puntos) que resultan igualmente adecuadas³⁶.

En cuanto a las muestras, se deben presentar todas al mismo tiempo o una a una; la presentación simultánea es preferible ya que, es más fácil de administrar y permite a los panelistas volver a evaluar las muestras si así lo desean y, además, hacer comparaciones entre las mismas. Se sirven del modo habitual en que es consumido el producto. El comité de Evaluación Sensorial de la ASTM (1968) recomienda que para pruebas discriminativas cada juez reciba, al menos, 16 ml de muestra líquida o 28 gramos de alimento sólido. Sin embargo, la cantidad de muestra que recibe cada juez está limitada por la cantidad disponible de material experimental y por el número de muestras que se evaluarán en cada sesión. El número de muestras en una sesión no debe ser elevado (generalmente inferior o igual cinco) porque puede ocasionar fatiga que influirá sobre las respuestas. Si las muestras a evaluar son muy numerosas, estas deben distribuirse en varias sesiones. El orden de presentación de las muestras debe ser aleatorio y la codificación de las mismas debe hacerse cuidadosamente, para evitar inducir a una clasificación previa inconsciente asociada a otras existentes en la mente del juez^{136,138}.

3.3- PROCESO DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS

Los productos cárnicos crudos curados o los cocidos tienen una larga tradición en la gastronomía. Se procesan conforme a métodos tradicionales de elaboración, aunque se han ido incorporando nuevas tecnologías a través de los años.

Como se ha estudiado en apartados anteriores, la sal puede ejercer influencia en la solubilidad y las propiedades emulsificantes de las proteínas. 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, adicionalmente a las especies iónicas presentes en la solución^{142,143}.

3.3.1- Lomo Salado

El lomo salado es un producto elaborado a partir del músculo íleo-espinal del cerdo (prácticamente libre de grasa externa, aponeurosis y tendones) salado, adobado y embutido en papel celofán, que se somete a un proceso de maduración apropiado, tal es así definido por el CAA.

El proceso de salado disminuye significativamente la estabilidad al calor de la actina y la miosina, permitiendo la desnaturalización de estas proteínas a más bajas temperaturas, siendo necesaria una menor cantidad de energía¹⁴⁴.

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. Con la penetración del cloruro sódico, se reduce la disponibilidad del agua presente y, por consiguiente, se deprime la actividad de agua (a_w). 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 agua⁵⁸.

Entre la variedad de procedimientos de elaboración de lomo salado, varían las proporciones de ingredientes agregados, etapas, parámetros de proceso como por ejemplo tiempo, temperatura y humedad. La técnica de preparación que se llevó a cabo en este trabajo siguió un procedimiento tradicional con las siguientes fases^{1,13,18,24,46}:

- *Acondicionamiento*: Si fuera necesario se limpian las piezas de excedentes de grasa y otros recortes sobrantes.
- *Salado*: Se debe realizar en cámara de frío entre 2 y 5 °C, 75-95 % HR. La duración del salado dependerá del tamaño de las piezas, cada dos días deben rotarse y cambiarse de lugar. En bibliografía varía de 1 día/kg a 2,5 días/kg. La sal deberá estar libre de contaminantes y se colocará en cantidades adecuadas. Se habla de sal porque es el ingrediente más importante, pero en realidad se trata de una mezcla con otros ingredientes y sal de nitrato. La finalidad de esta fase es la incorporación de la sal y sales nitrificantes para favorecer la deshidratación y conservación de las piezas y además contribuir al desarrollo del color aroma y textura típicos de estos productos una vez curados. Se depositan en cubetas o contenedores y de esta forma se llevan a cámara de frío. La cantidad de sal que se adiciona varía de una bibliografía a otra, al igual que el tiempo de salado. Muchas veces esto obedece a las preferencias de los consumidores de la región en donde se elabore.
- *Lavado-Escurrido*: Terminada la salazón, se lavan las piezas en agua templada de para eliminar la sal adherida. Se es necesario se realiza un cepillado para eliminar restos grandes de ingredientes y/o aditivos.
- *Embutido*: Los lomos son envueltos en papel celofán apto para este procedimiento y luego cubiertos por red.
- *Secado y Maduración*: Se deberá controlar que la pieza reúna buenas condiciones higiénico sanitarias y supervisar la temperatura y humedad relativa del recinto, para evitar enmohecimiento excesivo de la pieza en superficie y además para evitar la formación de una corteza en el producto que actúa como una barrera impidiendo continuar con un correcto secado.

Si se desea una curación rápida se efectúa un ligero estufaje a 20-22 °C y 95 % de H.R. durante 2-3 días, luego se pasan a secadero. Si no se realiza el estufaje, las piezas deben mantenerse con una humedad del 90-95 %, durante los primeros 4-5 días a 10 °C y posteriormente en secadero se reduce progresivamente la humedad.

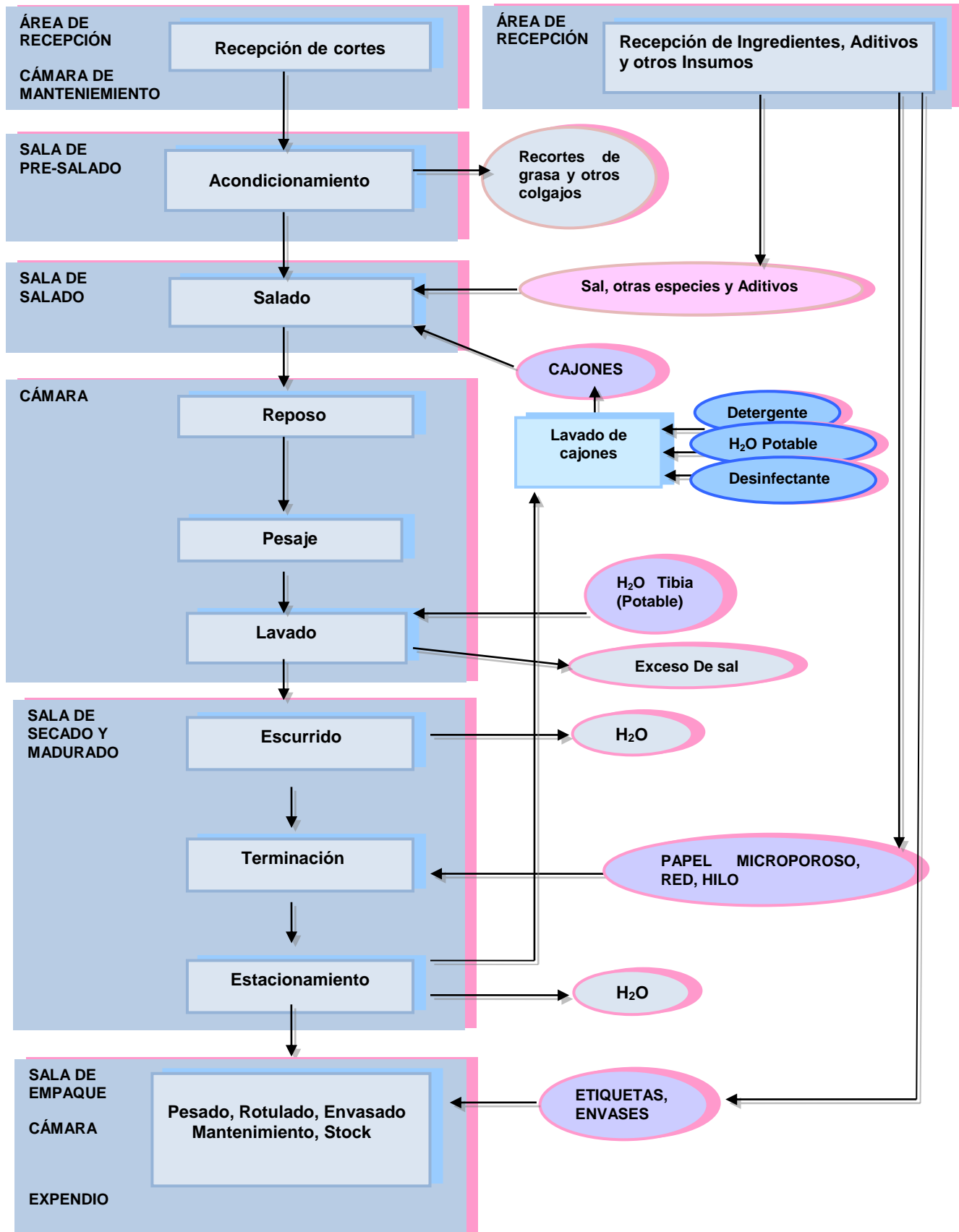


Figura 15. Diagrama de flujo del proceso de lomo salado. (Elaboración propia)

Si no se dispone de secadero con temperatura y humedad controladas, se debe tratar de aproximarse a los datos citados, las piezas deben situarse en un lugar sin corrientes de aire, evitando cambios bruscos de temperatura y humedad. Durante el secado las piezas pierden agua lentamente, asegurando su conservación. Finalizado el secado, la pieza completa su ciclo con un proceso de maduración, durante el cual suceden una serie de cambios enzimáticos y bioquímicos que otorgan al producto cualidades de aroma, sabor y textura. La utilización de bajas temperaturas y un proceso de curado lento favorecen la calidad organoléptica del producto final.

En la Figura 15 se diagramó con detalle el proceso de acuerdo a las etapas descritas con anterioridad, con los ingresos y egresos de cada etapa, además de estar diferenciada para cada una de ellas el lugar donde se lleva a cabo.

En el proceso tradicional de elaboración de productos cárnicos curados, la etapa de secado es la de mayor duración. La metodología de secado utilizada conlleva que el tiempo requerido para realizar esta etapa en salazones cárnicas pueda variar de 3 a 6 semanas o meses, dependiendo del tamaño y características de la pieza. Durante el período de secado-maduración se produce la deshidratación del producto, junto con una serie de reacciones bioquímicas producidas por enzimas de origen endógeno y microbiano, que degradan lípidos y proteínas y contribuyen a conferir la textura y el sabor característicos, como ya se ha estudiado anteriormente. Las desviaciones del proceso pueden llegar a producir defectos de consistencia, color y sabor. Estas desviaciones pueden ser debidas, en parte, a los sistemas de secado utilizados¹⁴⁵.

3.3.2- Fiambres Cocidos de Cerdo para Emparedados

Similarmente a lo anticipado para los lomos, sucede para el caso de los fiambres, se pueden encontrar diversos procedimientos de elaboración, entre ellos también varían las cantidades de cada ingrediente agregado, etapas y parámetros de proceso. Al igual que el caso de los lomos, se seleccionó un procedimiento tradicional, sus etapas se describen a continuación^{18,20,36,55,80}:

- *Acondicionamiento*: Se limpian las piezas y recortes de nervios y excedentes de grasa.
- *Picado*: Se realiza una reducción de tamaño de los trozos y recortes de carne en una picadora.
- *Mezclado*: Se adiciona a la carne previamente molida, la salmuera preparada con anterioridad. La salmuera contiene además de la sal, los diversos ingredientes y aditivos que se desean incorporar. En el apartado 4.2.2 se describe la composición de la salmuera utilizada.
- *Amasado*: Su función es producir una mayor degradación de las membranas celulares con la finalidad de: conseguir una mejor y más rápida distribución de los componentes de la salazón logrando, entre otras cosas, una coloración más homogénea. Mejorar la cohesión de las piezas después de la cocción, ya que, al romperse las fibras musculares, se favorece la extracción de las proteínas miofibrilares.
- *Moldeado*: Consiste en introducir la mezcla en moldes para que adquieran una forma más atrayente de cara al consumidor y/o permitan una mejor

funcionalidad para su manejo y transporte. Se lleva a cabo en moldes, existiendo en el mercado una gran variedad de materiales. Unos moldes muy frecuentes en el mercado son los fabricados con acero inoxidable y forrados con plástico, los cuales soportan bien el posterior tratamiento térmico de cocción. Para la realización de los ensayos se utilizaron moldes pequeños de aluminio, que resistiera la temperatura de cocción.

- *Cocción:* La cocción tiene por finalidad impartir al fiambre cocido una consistencia firme debido a la coagulación de las proteínas y a la deshidratación parcial del producto, fijar su color por desnaturalización de la mioglobina dando lugar a la formación del nitrosilhemocromo, como fue detallado con anterioridad (Figura 8) y prolongar su vida útil debido a la pasterización que supone.

La cocción es una de las operaciones más importantes del proceso, tiene efectos tecnológicos e higienizantes, se detallan a continuación:

1. Ligazón de la masa mediante la coagulación de las proteínas, estableciéndose un gel cárnico que favorece la aparición de la textura deseada.
2. Desarrollo de las características sensoriales propias del fiambre: sabor, aroma, textura y color.
3. Inactivación de las enzimas cárnicas (lipasas y proteasas, fundamentalmente), que tiene lugar generalmente entre 60 y 75 °C, que pudieran causar alteraciones posteriores en el producto.
4. Prolongar la vida útil, al destruir las formas vegetativas de los microorganismos, ya que se emplean valores de tiempo y temperatura típicos de una pasterización.

La ligazón de las masas musculares es diferente según si el producto se haya sido sometido a amasado y polifosfatado, o no. En el primer caso, que es como se realizó, la unión se debe a la coagulación de la miosina y actomiosina fundamentalmente, mientras que en el segundo caso la cohesión se establece por la coagulación del colágeno. Ello implica utilizar distintas temperaturas de cocción, pues la coagulación de la miosina y actomiosina es más favorable a temperaturas en torno a 65° C. En cambio, la del colágeno es superior si la temperatura ronda los 80° C.

- *Enfriamiento:* Pueden emplearse duchas (de agua o aire fríos) o baños (de agua fría) a 0-4° C, para reducir la temperatura del producto hasta valores de refrigeración (4° C). En el presente estudio se llevó a cabo el enfriamiento por baño de agua fría. Es importante que el descenso de la temperatura sea lo más rápido posible, sobre todo en el intervalo de 20-40° C pues en él existen temperaturas óptimas para la reactivación de la microbiota superviviente.

En las fases posteriores y en el almacenamiento las temperaturas no deberán superar los 10° C.

En la Figura 16 se muestra un Diagrama con las etapas de proceso seguidas para la elaboración de los fiambres cocidos de cerdo para emparedados.

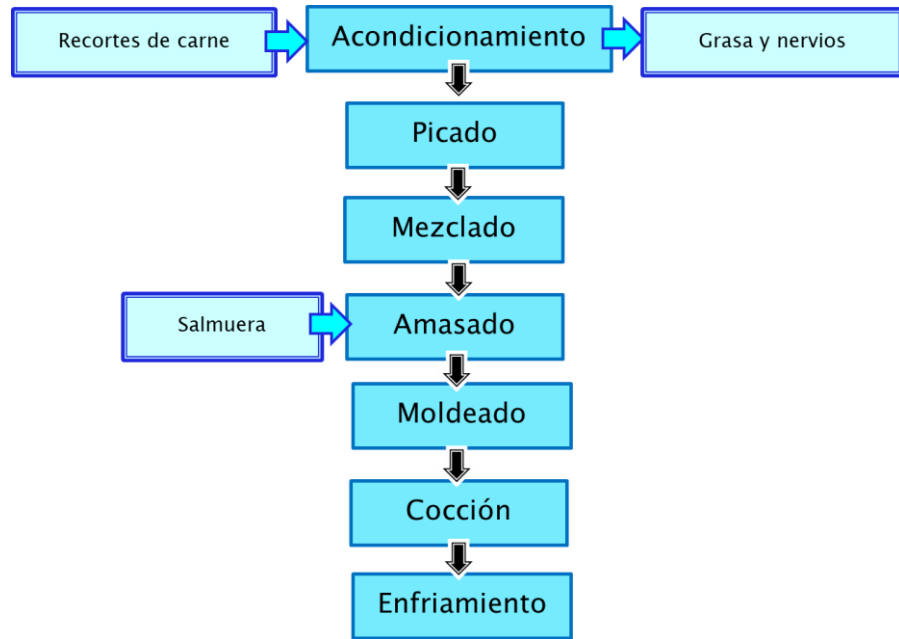


Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de fiambre de cerdo cocido. (Elaboración propia)

4- METODOLOGÍA

4.1- MATERIALES

4.1.1. Materias Primas

La carne de cerdo, materia prima para las pruebas, se obtuvo de una empresa cárnica de la zona de Villa María. Para las experiencias del producto cárnico salado se emplearon lomos de cerdo frescos (*Longissimus dorsi*) con las características descritas en el apartado 4.2.1. Se seleccionaron 8 lomos frescos en base a un criterio de homogeneidad de peso (entre 2600 y 3400 g) y longitud (entre 49,0 y 52,0 cm) almacenados (para su estabilización) durante 3 días a $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ hasta su uso. Los lomos utilizados fueron fraccionados en tres (3) unidades menores (Figura 17 y 18) luego de ser almacenados para ser inmediatamente utilizados.



Figura 17. Lomo de cerdo utilizado en las experiencias.



Figura 18. Unidades obtenidas a partir de un lomo.

Para las experiencias del fiambre de cerdo cocido se utilizaron recortes frescos de carne de cerdo, que fueron molidos más finamente en el mismo establecimiento donde fueron adquiridos (Figura 19). Éstos recortes fueron seleccionados, eliminando nervios y porciones grandes de grasa.



Figura 19. Picado de recortes para elaboración de fiambres.

4.1.2. Reactivos, aditivos y otros ingredientes

Las sales: NaCl y KCl y el resto de ingredientes y aditivos como nuez moscada, azúcar, fosfatos, proteína de soja, ácido eritórbito y pimienta blanca molida, empleadas en los tratamientos de salado fueron adquiridas en dos empresas abastecedoras de este tipo de insumos (Villa María, Córdoba, Argentina). Las sales utilizadas se mezclaron en diferentes proporciones de acuerdo a un diseño experimental de cuatro (4) combinaciones tal y como se muestra en la Tabla 7.

4.2- MÉTODOS

4.2.1. Procedimiento de Elaboración del Lomo Salado

El lomo de cerdo salado es un producto cárnico comprendido dentro de las salazones según art. 286 del Capítulo VI del CAA (Ley 18284/69).

Se elaboraron cuatro lotes de lomos curados (lote I, II, III y IV), lo cuales se diferenciaron por el tratamiento de salado. Así, se emplearon cuatro niveles de

sustitución del contenido de NaCl por KCl tal como aparecen en la Tabla 7. Cada tratamiento de salado con 6 lomos cada uno.

Los lomos, descritos en el apartado 4.1.1 fueron descongelados en una cámara a 3-4 °C durante 3 días. Una vez descongelados, se sometieron al proceso de salado.

El método de salado empleado fue por frotación de la sal sobre la superficie del lomo, también denominada como la técnica del aporte de sal limitado. Una vez pesados los lomos, se colocaron en bandejas de plástico de manera individual, con el fin de proceder al masajeado del mismo con las distintas formulaciones de sales. A la cantidad de sal inicial se incorporó 150 ppm de nitratos, en forma de nitrato de sodio (en relación al peso de la materia prima) con el fin de prevenir el desarrollo de microorganismos patógenos y favorecer el desarrollo del color. Además, se adicionaron otros ingredientes y especias con la finalidad de contribuir a las características de flavor del producto. La formulación utilizada puede observarse en la Tabla 8.

La aplicación de la sal sobre la superficie del lomo mediante masajeado duró aproximadamente 20 minutos, transcurridos los cuales los lomos se colocaron en estantes en cámara de salado donde las condiciones termohigrométricas fueron de 4 ± 1 °C de temperatura y un 90 % de humedad relativa (H.R.) durante 10 días.

Transcurrida la fase de salado se procedió al embutido manual de los lomos con hojas de papel celofán cubiertos con red (Figura 20) y colgados para iniciar su secado-maduración (Figura 21). Durante 3 (tres) días se realizó un estufado a 20 °C \pm 2 y 90 % \pm 2 H.R.. Seguidamente los lomos fueron introducidos en cámara de maduración a 10 °C \pm 2 y 75 % \pm 2 H.R., estas condiciones se mantuvieron hasta que los lomos alcanzaron una humedad comercial aproximadamente del 50 % (equivalente a 35 % mermas), aproximadamente 25 días.



Figura 20. Unidades identificadas y listas para ser llevadas a cámara.



Figura 21. Lomos al inicio de Etapa Secado-Maduración.

Una vez alcanzada dicha humedad, un lomo por tratamiento de salado se destinó a la realización de la determinación microbiológica, humedad y pH y otro lomo para la realización del análisis sensorial, mientras que el resto se envasaron al vacío y se almacenaron bajo refrigeración hasta la realización de los respectivos análisis de proteólisis, textura y color.

Tabla 7. Tratamientos de salado aplicados.

Tratamiento de salado	NaCl	KCl
I ^(a)	100 %	---
II	65 %	35 %
III	50 %	50 %
IV	40 %	60 %

^(a) El tratamiento I (100 % NaCl) corresponde con el que se emplea en el salado tradicional de productos cárnicos tales como el lomo, bondiola y jamón crudo.

Tabla 8. Formulación aplicada a los lomos salados.

Aditivo e ingredientes	% ^(b)	Unidad de Medida
Sal	4,00 %	gramos
Azúcar	0,35 %	gramos
Nuez Moscada	0,15 %	gramos
Pimienta Blanca Molida	0,20 %	gramos
Nitrato de Sodio	0,015 %	gramos

^(b) Porcentajes sobre la base de la carne de cerdo.

Se han realizado diversos estudios para comparar la seguridad y la calidad sensorial de los productos elaborados con diferentes tratamientos de salado con respecto al producto con salado tradicional.

4.2.2 – Procedimiento de Elaboración de Fiambre de Cerdo Cocido para Emparedados

El fiambre cocido de cerdo para emparedados es un chacinado no embutido, elaborado con trozos y/o recortes de carne de cerdo sometido a cocción. Definido de esta manera por art. 360 sexto del CAA (Ley 18284/69). Para la elaboración de los fiambres se siguieron las etapas básicas de acondicionamiento, picado, adición de salmuera (en la que se incorporaron todos los aditivos) y almidón, mezclado, amasado, moldeado, cocción y enfriamiento.

Los cortes de carne fresca de cerdo se adquirieron en una empresa cárnica de Villa María. La composición de la salmuera utilizada en el proceso de elaboración se detalla en la Tabla 9. Todos los ingredientes que la componen (cloruro de sodio/cloruro de potasio, proteína de soja, almidón, nitrito de sodio, tripolifosfato de sodio, nuez moscada, pimienta blanca molida, azúcar y ácido eritórbito) fueron adquiridos en dos empresas abastecedoras de este tipo de insumos (Villa María). Los cuatro tratamientos aplicados fueron: Tratamiento I: 100% NaCl; Tratamiento II: 65% NaCl – 35% KCl; Tratamiento III: 50% NaCl – 50% KCl; Tratamiento IV: 40% NaCl – 60% KCl.

Tabla 9. Composición de la salmuera utilizada en la elaboración de fiambres cocidos.

Componente	%	% en salmuera
Carne	63,5	-
Almidón	1,5	-
Salmuera	35	-
Sal	1,82	83,16
Agua	29,11	5,2
Proteína de soja	1,61	4,6
Nitrito de sodio	0,014	0,04
Fosfatos	0,53	2,6
Ácido Eritórbito	0,11	0,3
Nuez Moscada y pimienta blanca	0,91	2,6
Azúcar	0,91	2,6

Una vez finalizado el proceso, luego del enfriamiento, los fiambres se llevaron a almacenamiento refrigerado. Se destinó un fiambre por tratamiento de salado a cada una de las determinaciones: microbiológica, humedad y pH, análisis sensorial, instrumental de textura y color.

4.2.3 – Determinación de pH

Se utilizó método potenciométrico en mezcla de producto final (tanto para los lomos salados como para los fiambres cocidos) y agua destilada (1:1) según norma ISO 2917:1999.

Se tomaron tres lecturas por cada tratamiento de cada producto y se registró el promedio de éstas para la obtención de los datos finales.

En el caso de los lomos, dado su proceso, se tomaron muestras para evaluación de pH durante el secado-maduración.

4.2.4 – Determinación de humedad

La medida de la cantidad de agua presente en el lomo salado y en el fiambre cocido para emparedados se determinó siguiendo el procedimiento gravimétrico según método oficial de análisis de productos cárnicos descrito por la norma ISO 1442:1997 mediante su desecación en una estufa a 105 °C a presión atmosférica, hasta la obtención de un peso constante.

Se realizó el seguimiento de la pérdida de peso de los lomos durante su secado, con ello se graficó su evolución y observar si fue afectada por el reemplazo de NaCl por KCl.

4.2.5 – Determinaciones microbiológicas

Los análisis microbiológicos de los lomos fueron llevados a cabo en una rebanada contigua a la sección central en condiciones estériles, considerando bacterias acidolácticas (recuento en placa, ISO 7889) y estafilococos (detección y recuento por NMP, ISO 6888-3:1999 ICMSF) de acuerdo a los criterios establecidos en el Capítulo VI del Código Alimentario Argentino (Ley 18284/69). Además de recuento de enterobacterias. Se analizaron 5 muestras de cada tratamiento.

Los análisis microbiológicos de los fiambres cocidos fueron llevados a cabo en una rebanada contigua a la sección central en condiciones estériles. Se cuantificaron aerobios mesófilos por recuento en placa (ISO 4831:2006) y *E. coli*, a través de la técnica del número más probable (ISO 16649-3:2005), de acuerdo a lo previsto para chacinados cocidos no embutidos en el Capítulo VI del Código Alimentario Argentino (Ley 18284/69) en donde se establecen también criterios microbiológicos que fueron considerados para los análisis. Se analizaron 5 muestras de cada tratamiento.

4.2.6 – Análisis Sensorial

En la evaluación sensorial se evalúan las propiedades organolépticas del producto terminado a través de uno o más de los sentidos: vista, gusto, olfato, tacto y oído. Así se conoce la opinión del consumidor sobre dicho alimento, su aceptación o rechazo, su nivel de agrado, criterios que se tienen en cuenta para su formulación y desarrollo.

Existen diferentes pruebas para realizar un análisis sensorial. Las que se llevarán a cabo en este estudio se denominan **Pruebas Afectivas**, también son llamadas estudios de consumidores. Son aquellas pruebas en las cuales los jueces integrantes del panel expresan su opinión personal y subjetiva sobre un producto, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto.

Se tratan de evaluar en este caso, diferencias entre los tratamientos aplicados.

Los lomos y los fiambres terminados con los cuatro tratamientos (I, II, III y IV) fueron sometidos a una evaluación hedónica, una prueba de aceptación global y una de preferencia, con la finalidad de evaluar la influencia del reemplazo parcial de NaCl por KCl sobre características sensoriales. El tratamiento I (100 % NaCl) se utilizó como control. A los lomos salados curados se les eliminó la red y papel celofán y se los cortó en rebanadas de aproximadamente 5 mm de espesor. En el caso de los fiambres luego de desmoldarlos también se los cortó en rebanadas del mismo espesor mencionado.

Las rebanadas se dejaron reposar en un plato plástico blanco por 30 minutos a una temperatura de 20-23 °C antes de servirse. Las muestras fueron evaluadas por un panel no entrenado de 50 miembros en tres sesiones diferentes. Todos los participantes de este estudio se presentaron de forma voluntaria a las pruebas sin haber recibido ningún tipo de entrenamiento previo. Las sesiones se llevaron a cabo en habitaciones a 22 °C equipadas con luz fluorescente (220-230 V, 35 W). A cada miembro asesor se le proveyó de un vaso de agua con 100 ml aproximadamente a 12 °C y una tostada o galleta sin sal. En Anexo II A se muestra la Hoja de Respuesta que debieron completar los panelistas para esta prueba.

Con anterioridad a realizar la prueba se ofreció a cada panelista una hoja con nociones básicas de análisis sensorial para un producto de las características en cuestión. En Anexo II B puede encontrarse la información ofrecida a los panelistas.

4.2.6.1 Prueba de nivel de agrado

Los atributos evaluados son: aspecto, color, aroma, sabor y aceptabilidad. En la prueba participan un grupo de 50 personas, a quienes se les proporciona un formulario con una escala hedónica estructurada, en donde se determina el nivel de agrado de las cuatro muestras diferentes ofrecidas, con el formato indicado en la Tabla 10:

Tabla 10. Escala hedónica utilizada en este trabajo.

1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta bastante
3	Me disgusta levemente
4	Indiferente
5	Me gusta levemente
6	Me gusta bastante
7	Me gusta mucho

4.2.6.2 Prueba de aceptación y preferencia

De las cuatro muestras ofrecidas, cada panelista debió escoger solamente un tratamiento y registrarlo al final de la hoja de evaluación como su tratamiento favorito. De la misma manera, se debió escoger el tratamiento que cada uno considere que debe ser totalmente rechazado. Esto se encontraba en la parte final de la hoja de respuestas del análisis.

4.2.7– Análisis de proteólisis

El estudio de la degradación de proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas, se realizó mediante electroforesis en gel de poliacrilamida en condiciones desnaturizantes (SDS-PAGE) sobre muestras de los cuatro tratamientos de los lomos salados.

4.2.7.1. Extracción de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares

La extracción de las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares se realizó siguiendo el método descrito por Molina y Toldrá¹⁴⁶ con ligeras modificaciones. Así, las muestras trituradas (2,5 g) se homogenizaron 1:10 (p/v) con tampón fosfato 0,03 M, pH 7,4 durante 3 minutos empleando agitador y se centrifugaron a 5000 x g durante 40

minutos a 4 °C. El sobrenadante obtenido, que contenía las proteínas sarcoplásmicas se filtró a través de lana de vidrio y se reservó en frío (4 °C) hasta su uso. Esta operación fue repetida 3 veces con el pellet, en las condiciones descritas, con el objeto de eliminar cualquier resto de proteínas sarcoplásmicas. El pellet resultante se pesó y se resuspendió en 9 volúmenes de tampón fosfato 100 mM a pH 7,4 conteniendo KI 0,7 M y azida de sodio al 0,02 % (p/v) y se homogenizó en agitador para seguidamente centrifugarse a 5000 x g durante 40 minutos a 4 °C. El sobrenadante, que contenía las proteínas miofibrilares fue filtrado a través de lana de vidrio y se mantuvo en frío (4 °C) hasta su uso.

4.2.7.2. Determinación de la concentración de proteína por método de Bradford

Con la finalidad de conocer el contenido total de proteínas de cada muestra, y con ello poder calcular el volumen de muestra que es necesario adicionar al gel, se llevó a cabo la cuantificación de proteínas por el método Bradford. Este se basa en el cambio de color de una solución ácida de Coomassie Azul brillante, contenida en el reactivo de Bradford.

Se realizó una curva de calibración, empleando como estándar o patrón, 1 ml de soluciones de albúmina de suero bovino (BSA) (Sigma Aldrich) en las concentraciones: 5, 10, 15, 20, 25 y 30 µg/ml, a cada una de las cuales se adiciona 1 ml de reactivo Bradford diluido (1/5), se incuban 5 minutos a temperatura ambiente y se determina la absorbancia a 595 nm. Luego, se calcula el contenido proteico de la muestra, a partir de la ecuación de la recta patrón. Todas las medidas se realizan por duplicado.

4.2.7.3. Electroforesis en gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)

El estudio de la proteólisis se llevó a cabo en condiciones desnaturalizantes mediante SDS-PAGE como se describe en Toldrá y otros¹⁴⁷.

Esta electroforesis permite la separación de las proteínas principalmente de acuerdo al tamaño, debido a que las proteínas recubiertas por SDS (Dodecilsulfato sódico) tendrán una relación masa-carga uniforme. De esta forma, las proteínas de menor peso, migrarán más a través del gel, que aquellas de mayor peso, debido a un efecto de tamizado.

El gel de separación se realizó con un porcentaje de reticulado del 12 % y se utilizó en el gel de Stacking una concentración del 5 %, logrando una resolución que permite separar proteínas de entre 15 y 160 kDa de peso molecular^{148,149} rango en el que se encuentran varias de las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares de la carne, tales como mioglobina, actina, troponina y tropomiosina.

Previo a la siembra del gel, los extractos de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, obtenidos según el apartado 4.2.7.1 (60 µL) se mezclaron en la proporción 4:1 (v/v), con sample buffer. Dichas mezclas se calentaron a 100 °C durante 4 minutos, se enfriaron rápidamente y se almacenaron a 4 °C, hasta su uso.

Conocida la carga de proteína de las muestras (a partir de Apartado 4.2.7.2), pudo calcularse el volumen de muestra a suministrar.

Seguidamente, 20 µL de cada una de las muestras (correspondiente a 12 µg de proteína) fueron inyectadas en el gel de electroforesis junto con una muestra patrón (en este caso 20 µL) para la evaluación de las distintas fracciones proteicas. El marcador incluido es de amplio rango de peso molecular (MPM) (Thermo Scientific) (Figura 22), conteniendo las proteínas β-galactosidasa (116 KDa), albúmina sérica bovina (66,2 KDa), ovoalbúmina (45,0 KDa), lactato deshidrogenasa (35,0 KDa), REasa Bsp981 (25,0 KDa), β-lactoglobulina (18,4 KDa), y lisozima (14,4 KDa), que permitió la comparación con las proteínas estudiadas. Dicho marcador fue tratado previo a su empleo, a 95 °C durante 10 min en baño de agua, según indicación del fabricante.

Se realizó duplicado de los geles inyectados.

Para la determinación de proteínas se empleó una cuba de electroforesis Vertical (Mini-Protean III, Bio-Rad) y una fuente de poder a 200 V (Bio-Rad).

Luego de la corrida, la visualización de las bandas proteicas se realizó mediante tinción de los geles con una solución de azul de Coomasie R-250 0,2 % en metanol-ácido acético-agua, a 37 °C durante 2 hs, seguido del empleo de una solución decolorante de metanol-ácido acético-agua, para desteñir el gel. Los geles obtenidos se escanearon, y las imágenes digitalizadas se analizaron mediante el Software MyImage Analysis (Thermo Scientific), a fin de cuantificar las bandas obtenidas en los lomos con los diferentes tratamientos de salado. El programa permite determinar el peso molecular de las proteínas en base al MPM.

La masa molecular de las proteínas separadas en el gel es estimada por medio de la movilidad relativa, Fr, (distancia recorrida a través del gel) de las mismas. Luego, son extrapolados y determinados los valores de peso molecular de cada una de las bandas.



Figura 22. Marcador de Peso Molecular de Proteínas no teñido, ThermoScientific.

4.2.8 Medición del color: Las mediciones de color se realizaron en las muestras de ambos productos terminados, sobre los cuatro tratamientos ensayados para cada uno de ellos.

Para ello, se utilizó un colorímetro marca Minolta CR - 400, utilizando el iluminante D₆₅ y el observador estándar 2°. Debido a la característica de las muestras (superficie húmeda) se utilizó como accesorio al equipo un tubo de proyección de luz con vidrio. El equipo fue calibrado utilizando un plato de calibración color blanco.

Por cada muestra se obtuvieron 3 submuestras (rodajas de 1 cm de espesor). Se realizaron 3 mediciones por submuestra haciendo un total de 9 mediciones por tipo de muestra.

Los parámetros de color obtenidos fueron L*, a*, b*.

Los datos se analizaron utilizando el Software Minitab 15.

Referencias:

L* (luminosidad) 0 a 100 (0=negro y 100=blanco); a* (tono): (negativo=verde, positivo=rojo); b* (tono): (negativo=azul, positivo=amarillo).

4.2.9 Análisis de perfil de textura: Las mediciones instrumentales de textura se realizaron sobre tarugos de 3 cm obtenidos a partir de rodajas de 1 cm de espesor del centro de cada pieza de producto terminado, tanto de los lomos como de los fiambres cocidos. Las muestras se midieron a temperatura ambiente.

Se realizó un Análisis de Perfil de Textura (TPA) con un 50 % de compresión, una velocidad de test de 300 mm/min y una trigger force de 0,5 N; utilizando un

texturómetro marca TMS-Pro (Food Technology). La celda de carga utilizada fue de 500 N y la sonda de medición, un plato de aluminio de 100 mm de diámetro.

Referencias de los parámetros del TPA:

Dureza: fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión. Representa la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares.

Adhesividad: área negativa del primer ciclo de compresión. Representa el trabajo requerido para vencer las fuerzas atractivas entre la superficie de la muestra y cualquier otra superficie con la que la muestra entra en contacto.

Cohesividad: relación (cociente) entre el trabajo del segundo y primer ciclo de compresión dado en la muestra. Representa la fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento.

Elasticidad: altura que recupera el alimento durante el tiempo que transcurre entre el primer y el segundo ciclo. Representa la medida de cuanta estructura original de la muestra se ha roto por la compresión inicial.

Masticabilidad: producto entre la Dureza, la Cohesividad y la Elasticidad. Representa la energía requerida para desintegrar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado.

4.2.10 Análisis estadístico de resultados.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el paquete Statgraphics Centurion XVI (v 16.1.18) bajo el procedimiento ANOVA (análisis de varianza múltiple o simple). En el caso en que el efecto de los factores o de la interacción fuera significativas, las medias fueron comparadas utilizando el método de la diferencia mínima significativa de Tukey (HSD) ($p < 0,05$).

5- RESULTADOS

5.1- pH

5.1.1. Lomos Salados

Las primeras 2 horas después del sacrificio del animal el pH desciende rápidamente a 6,3, por efecto de la acumulación de ácido láctico. La disminución del pH continúa hasta aproximadamente 8 horas después del sacrificio alcanzando un pH cerca de 5,90 esta disminución continua haciéndose más lenta hasta alcanzar un pH final de 5,8 las 24 horas de postmortem¹⁵⁰.

Como se ha estudiado con anterioridad (apartado 3.1.1, 3.1.3 y 3.1.5.1.2) para productos como el del presente caso, el pH de la pieza fresca para comenzar con el proceso de transformación debería oscilar entre 5,4 y 5,8, nunca superar 6,2^{34,36}.

El pH de salazones cárnicas tiende a aumentar ligeramente, tanto en superficie como en el interior, a lo largo del proceso^{50,51}.

En la superficie del producto suelen aparecer fluctuaciones de pH, las mismas pueden deberse a varios factores, por esto es que las muestras fueron tomadas de lonjas internas de las diferentes piezas.

La evolución del pH desde el inicio, durante el proceso de elaboración hasta el producto final: lomo salado, con las 4 formulaciones de sal se muestra en la Figura 23. Se observa un incremento de pH durante el proceso de curado, en especial en las

formulaciones III (reemplazo del 50 % de NaCl por KCl), este incremento se ve más acusado desde la etapa de post-salado hasta el producto final. Algo menos intenso es el incremento en Tratamiento I (testigo). Más ligero aún para el caso del tratamiento II y mucho menos acentuado para el caso del tratamiento IV.

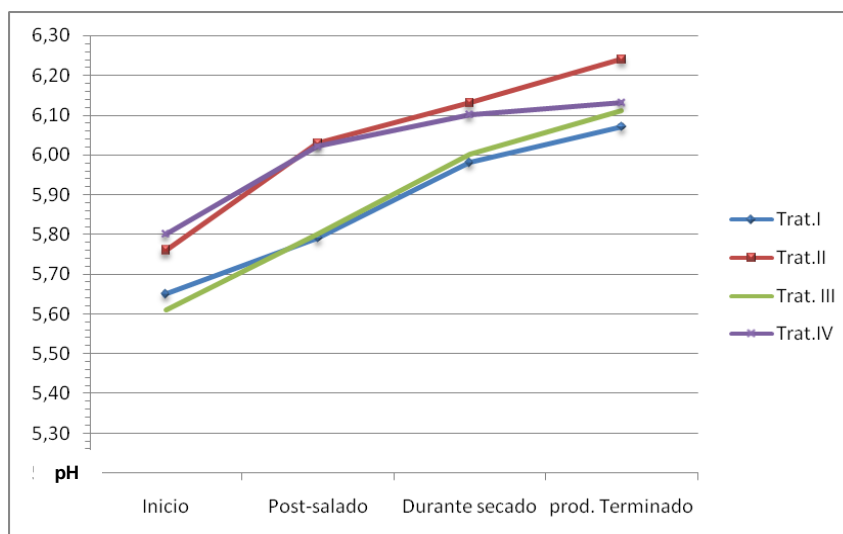


Figura 23. Evolución del pH durante el proceso de transformación de lomo fresco a lomo salado y curado con 4 formulaciones de sal diferentes. Trat. I: 100 % NaCl (testigo), Tratamiento II 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV 40 % NaCl-KCl 60 %.

Como puede observarse a partir de la Figura 23, se partió de materia prima con pH adecuado para su elaboración. El valor promedio de pH de todos los lomos a evaluar fue de $5,705 \pm 0,09$.

Existe variabilidad en los datos disponibles en la bibliografía sobre el efecto que producen las sales utilizadas para reemplazar al NaCl en el pH. Corral Silvestre¹¹⁷ observó sólo en la última etapa del proceso un ligero aumento de pH en los tres lotes evaluados de embutidos crudos curados (Lote I: 100 % NaCl, Lote II: reducción de NaCl: 16 %, Lote III: reemplazo del 16 % por KCl). Gou y otros¹²⁵, Gelabert y otros¹²⁹ y Campagnol y otros¹²⁶, utilizaron KCl como sustituto sin encontrar influencia alguna sobre el pH en lomos curados y en salame. En cambio, Ibañez y otros¹⁵¹ vieron una disminución mayor de pH al reemplazar 25 % de NaCl por KCl en salame.

Espinoza Ibarra y Hernández López (2010)¹³⁰ evaluaron el efecto de la interacción de tres niveles de cloruro de sodio y dos niveles de lactato de potasio sobre tres productos cárnicos. Los resultados demostraron que el lactato de potasio y el cloruro de sodio tuvieron efecto positivo sobre el pH de los tres productos. Concluyeron que la adición de lactato de potasio inhibe la proliferación de microorganismos por lo tanto la acidificación microbiana del producto a lo largo de su desempeño será menor en comparación a solo utilizar cloruro de sodio.

Estas diferencias en el pH pueden ser debidas a la fuerza iónica que aporta cada sal, teniendo diferente disociación los electrolitos presentes, influyendo así sobre el crecimiento de los microorganismos.

Como se mencionó con anterioridad no existen demasiados antecedentes de sales sustitutas de NaCl, como el KCl u otras, en cuanto a sus propiedades antimicrobianas. Betts¹¹⁸ demuestra que KCl tiene propiedades similares a NaCl sobre la conservación de cárnicos a niveles de aplicación del 3 %. Algunos otros trabajos demuestran efecto antimicrobiano del lactato de potasio^{152,153}. Este efecto reduce la actividad de agua y se inhibe el crecimiento de bacterias, esto evita una rápida acidificación (menor pH) en comparación con otros tratamientos que contienen menores porcentajes de estas sales.

Luego se analizó el pH del producto final para cada tipo de Tratamiento de salado aplicado, para advertir si el tipo de tratamiento afecta el valor de pH final. Los resultados se muestran en la Tabla 11 a continuación:

Tabla 11. Valor de pH de producto final de los 4 tratamientos de salado evaluados en lomos.

Tratamiento	pH
I	6,07 ^a + 0,085
II	6,24 ^a + 0,140
III	6,11 ^a + 0,066
IV	6,13 ^a + 0,072
P	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey).

Al ser valor-P mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 formulaciones con un nivel del 95,0 % de confianza. Se ha identificado como grupo homogéneo, según la alineación de la misma letra en la columna de los valores de las medias ((HSD) de Tukey).

5.1.2. Fiambres Cocidos para Emparedados

El pH de los productos obtenidos a través de los cuatro tratamientos de fiambres cocidos, no presentó diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% en ningún caso, aunque se observó una tendencia a un pH mayor a medida que aumentaba la concentración de cloruro de potasio (Tabla 12). Estos valores coinciden con los obtenidos por Frontela y otros¹⁵⁴.

Tabla 12. Valor de pH de producto final de los 4 tratamientos de salado evaluados en fiambres.

Tratamiento	pH
I	6,07 ^a + 0,085
II	6,24 ^a + 0,140
III	6,11 ^a + 0,066
IV	6,13 ^a + 0,072
P	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey).

5.2- Humedad

5.2.1. Lomos Salados

Durante su proceso de transformación, el lomo experimenta diferentes ciclos de temperatura y humedad relativa (H.R.), cuyo control previene posibles alteraciones en el producto final. En el presente caso, a lo largo del proceso al que fue sometido se realizó el seguimiento de las pérdidas de peso, lo que permitió controlar la deshidratación de las piezas, hasta alcanzar una merma del 40 % respecto al peso inicial del lomo en fresco. La tendencia de esta progresiva deshidratación puede observarse en la Figura 24.

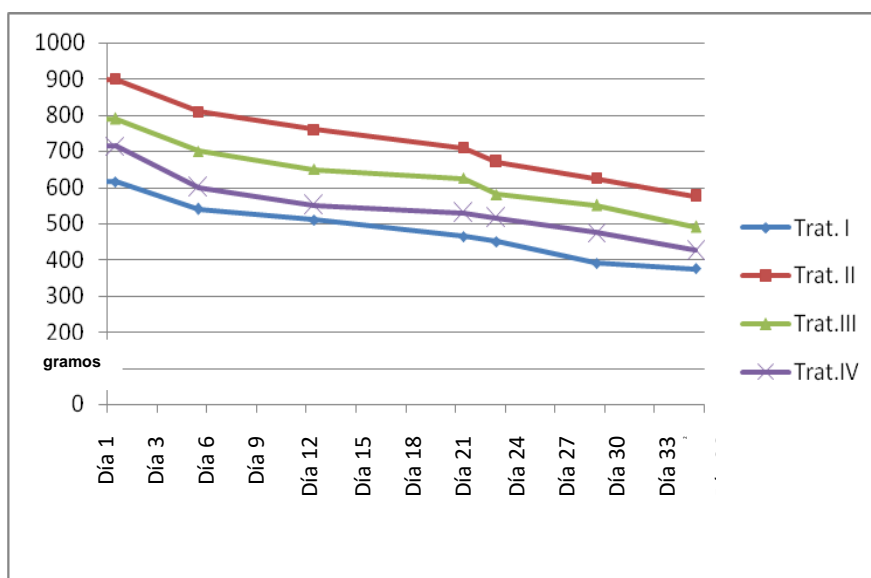


Figura 24. Evolución de la pérdida de peso durante su secado-estacionamiento de los lomos con 4 formulaciones de sal diferentes. Trat. I: 100 % NaCl (testigo), Tratamiento II 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV 40 % NaCl-KCl 60 %.

De manera general, se observó un descenso significativo de la humedad en las cuatro formulaciones a lo largo del proceso de curado (Figura 24). Las pérdidas de peso (agua) se hacen evidentes desde el comienzo del secado hasta los 34 días de maduración en todos los tratamientos. Resultados similares pueden observarse en Aliño y otros 2009 y 2010^{134, 135} y en la tesis doctoral de Hernández Cazares, 2010¹⁵⁵.

Corral Silvestre¹¹⁷ no tuvo diferencias significativas entre los tres lotes tratados del embutido curado en relación a la pérdida de peso, sin embargo la merma del producto final (aproximadamente 39 %) difiere a los resultados obtenidos en el presente caso. Esto puede deberse a la materia prima utilizada, en la tesis mencionada se trata de paleta.

Como era de esperar, la deshidratación de las piezas fue progresiva a lo largo del período estudiado debido a las condiciones de temperatura y de humedad relativa a las que son sometidas. Se puede observar que los valores de humedad descendieron progresivamente al aumentar el tiempo de procesado, lo que concuerda con los resultados obtenidos por otros autores, tanto para lomo^{55,156,157}; como para jamones^{55,158,159,160,161}.

Como se había mencionado en el apartado 3.1.5.1.1, la velocidad a la que debe de producirse la deshidratación debe ser la apropiada (siempre depende del tamaño de la pieza, además de otros factores como la raza, edad y sexo del animal) considerando que al cabo de 2 semanas las pérdidas de peso sean alrededor de 20 % y 40 %, para este tipo de productos. Cuando la velocidad de deshidratación es muy lenta, puede desarrollar sobre la superficie del producto una proliferación microbiana. Y si la velocidad es muy rápida, se puede dar el fenómeno de “encostramiento”, como también fue explicado anteriormente⁴⁷.

Se estudió la merma en los cuatro tratamientos a los 20 días de maduración con la finalidad de verificar la velocidad de deshidratación. Los resultados se muestran en la Tabla 13 a continuación:

Tabla 13. Valores medios (\pm Desviación estándar) de merma (%) a los 20 días y Humedad (%) de producto final de las cuatro formulaciones aplicadas a los lomos.

Tratamiento	Merma a los 20 días	Humedad de producto final
I	25,49 % ^a \pm 4,66	50,75 % ^a \pm 0,75
II	24,63 % ^a \pm 5,46	51,35 % ^a \pm 0,45
III	20,56 % ^a \pm 2,24	51,56 % ^a \pm 0,49
IV	21,02 % ^a \pm 2,73	51,63 % ^a \pm 0,35
P	ns	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias \pm desviación estándar.

No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95,0 % de confianza. No hay diferencias estadísticamente significativas, con un nivel del 95,0 % de confianza entre aquellas medias que compartan la misma letra en una misma columna. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Además, se determinó el porcentaje de humedad de cada una de las muestras obtenidas al final del proceso. Los valores medios para cada tratamiento se exponen en la Tabla 13.

Para los resultados de humedad final no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 4 tratamientos aplicados con un nivel del 95,0 % de confianza. Se identifica un grupo homogéneo, según la alineación de la misma letra en la columna de medias ((HSD) de Tukey).

Valores similares se presentan en el trabajo de Aliño y otros¹³⁴ (2010). En su caso para el tratamiento de lomo solo con NaCl la humedad del lomo al final del proceso fue de 48 % y con el resto de los tratamientos aproximadamente de 51 %. Aunque sus tratamientos consistieron en mezclas combinadas de KCl, CaCl₂ y MgCl₂. Para el caso de un lomo curado de cerdo Chato Murciano estudiado por Salazar Serna⁵⁵, se observó una humedad final de 59,42 % \pm 1,91 a los 30 días de procesado.

5.2.2. Fiambres Cocidos para Emparedados

Se determinó el contenido de humedad en los fiambres cocidos terminados y no se encontraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos estudiados (Tabla 14).

Tabla 14. Valores medios (\pm Desviación estándar) de Humedad (%) de las cuatro formulaciones aplicadas a los fiambres cocidos.

Tratamiento	Humedad de producto final
I	71,70 % ^a \pm 2,03
II	72,01 % ^a \pm 2,04
III	72,77 % ^a \pm 2,06
IV	72,86 % ^a \pm 2,07
P	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey).

Resultados similares obtuvieron Frontela y otros¹⁵⁴. Por su parte, Bampi y otros¹⁶² que sustituyeron parcialmente el cloruro de sodio por cloruro de potasio en tres tratamientos, no encontraron diferencias significativas sobre la humedad final en jamón cocido, lo que coincide también con los resultados del presente estudio.

5.3- Análisis Microbiológicos

5.3.1. Lomos Salados

Los resultados de los recuentos microbiológicos (enterobacterias, estafilococos, BAL y hongos y levaduras) se muestran en la Tabla 15. No hay diferencias significativas para cada microorganismo entre las diferentes formulaciones de sal aplicadas, excepto para hongos y levaduras. En tal caso se observa una disminución en el recuento a medida que el reemplazo de NaCl por KCl es mayor, alcanzando valores similares para Tratamiento I y II y valores muy por debajo para Tratamiento III y IV.

Tabla 15. Valores medios (\pm Desviación estándar) de análisis microbiológicos de los lomos salados para las cuatro formulaciones aplicadas.

Tratamiento	Enterobacterias (log ₁₀ ufc/g)	Estafilococos (log ₁₀ ufc/g)	BAL (log ₁₀ ufc/g)	Hongos y levaduras (log ₁₀ ufc/g)
I	< 1	< 1	2,46 ^a \pm 0,085	2,99 ^a \pm 0,012
II	< 1	< 1	2,49 ^a \pm 0,068	2,98 ^a \pm 0,006
III	< 1	< 1	2,45 ^a \pm 0,072	2,56 ^b \pm 0,025
IV	< 1	< 1	2,47 ^a \pm 0,061	2,38 ^c \pm 0,061
P	ns	ns	ns	***

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias \pm desviación estándar.

Similarmente, Corral Silvestre¹¹⁷, no encontró diferencias significativas para BAL y estafilococos en los tratamientos de salado empleados en embutidos curados (Lote I: 100 % NaCl, Lote II: reducción de NaCl: 16 %, Lote III: reemplazo del 16 % por KCl).

Los recuentos de enterobacterias, estafilococos y BAL en lomos salados son más bajos que los observados en dos de los estudios de Aliño y otros^{134,135}. Quienes tampoco encontraron diferencias entre las formulaciones de salado que emplearon: Trat. I: 100 % NaCl (testigo), Tratamiento II: 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III: 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV: 30% NaCl-KCl 70 %.

Los resultados indican que el NaCl puede ser reemplazado por KCl en lomos hasta un 60 % sin riesgos bromatológicos. Sin embargo, diferentes estudios^{17,133,151} muestran la dificultad de predecir la acción antimicrobiana de las mezclas de sales porque la misma depende de diversos y numerosos factores, tales como, temperatura, pH, solutos presentes en el medio, calidad de materia prima sobre el microorganismo.

Diferentes trabajos han indicado que KCl puede tener un efecto antimicrobiano similar a NaCl a molalidad equivalente sobre patógenos como *L. monocytogenes* y *S. aureus*^{163,164,165}.

5.3.2. Fiambres Cocidos para Emparedados

Los productos elaborados cumplieron con los criterios microbiológicos establecidos en el CAA de acuerdo a los recuentos de aerobios mesófilos y *E. Coli*, habiéndose obtenido recuentos negativos en las diferentes formulaciones de sal aplicadas (Tabla 16). Esto podría estar relacionado a que el pH y el contenido de humedad de los productos finales tampoco sufrieron cambios significativos con el mismo nivel de confianza al sustituir parcialmente el cloruro de sodio por la sal de potasio e implica que el cloruro de sodio puede ser reemplazado por cloruro de potasio en fiambres hasta un 60 % sin riesgos bromatológicos. Esto concuerda con lo publicado por otros autores¹⁶⁵ que indican que el cloruro de potasio tiene un efecto antimicrobiano similar al del cloruro de sodio.

Tabla 16. Valores medios (\pm Desviación estándar) de análisis microbiológicos de los fiambres cocidos para las cuatro formulaciones aplicadas.

Tratamiento	Aerobios mesófilos (UFC/g)	<i>E. Coli</i> (UFC/g)
I	< 1000	< 3
II	< 1000	< 3
III	< 1000	< 3
IV	< 1000	< 3
P	ns	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias \pm desviación estándar.

5.4- Análisis Sensorial

5.4.1. Lomos Salados

La aceptación de los productos cárnicos salados, como en general la de cualquier alimento, se debe principalmente a las características sensoriales que presenta, que son el resultado tanto del empleo de una buena materia prima, un adecuado procesamiento y en este caso particular el método de salado. La salazón es una etapa crítica, a partir de ella la pieza generará características de aspecto, textura, sabor y aroma deseadas y propias también del producto.

Por ello el análisis sensorial es de gran importancia, ya que nuestros sentidos son la manera más simple y natural de decidir nuestra aceptación o preferencia hacia un producto¹⁶⁶.

Las propiedades sensoriales se pueden definir como el conjunto de atributos del alimento que se detectan por medio de los sentidos. Estos atributos pueden agruparse en función del orden de percepción: aspecto, color, aroma y flavor, textura y sabor¹⁶⁷. Tales atributos fueron los evaluados.

Se analizaron entonces, desde el punto de vista sensorial, los resultados de sustituir parcialmente el contenido de NaCl en el salado de lomos por KCl.

La Tabla 17 muestra los resultados de la prueba hedónica de consumidores realizada al final del proceso de los lomos elaborados con diferente contenido de sales.

El aroma y textura fueron los dos atributos sensoriales afectados por la reducción de sal. Para ambos atributos pueden observarse valores más bajos en Tratamiento II y III respecto del control y que Tratamiento IV. Éste último tratamiento posee una puntuación cercana a Tratamiento I (control). De hecho, en este estudio, a

este tratamiento le corresponden las mejores puntuaciones de apariencia, color y aroma.

Además, en el estudio de preferencia, el Tratamiento IV, fue el más elegido por los consumidores (29 %), luego del control (32 %). Esto puede observarse en la Figura 26. Esto permite afirmar que a pesar del mayor reemplazo de NaCl por KCl, los consumidores no percibieron aspectos desagradables sobre este Tratamiento.

Tabla 17. Análisis Sensorial de los lomos salados con las cuatro formulaciones diferentes.

Tratamiento	Apariencia	Textura	Color	Aroma	Sabor
I	5,18 ^a ± 1,31	5,14 ^a ± 0,97	5,43 ^a ± 0,99	5,18 ^{ab} ± 1,22	5,61 ^a ± 1,23
II	5,25 ^a ± 1,74	4,25 ^b ± 1,11	5,11 ^a ± 1,03	4,25 ^a ± 1,84	4,82 ^a ± 1,83
III	5,18 ^a ± 1,42	4,75 ^{ab} ± 1,24	5,14 ^a ± 1,56	4,64 ^{ab} ± 1,83	4,71 ^a ± 1,86
IV	5,54 ^a ± 1,17	4,79 ^{ab} ± 1,20	5,79 ^a ± 1,03	5,68 ^{bc} ± 1,28	5,46 ^a ± 1,23
P	ns	**	ns	**	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

Los mismos resultados pueden ser visualizados a través de la Figura 25. Como se explicó arriba, las mayores diferencias en los atributos pueden visualizarse en textura y aroma. En apariencia los valores para las 4 formulaciones son muy similares y en lo que respecta a sabor y color, puede observarse perfectamente en la Figura que tienen valores similares Tratamiento I y IV, luego II y III.

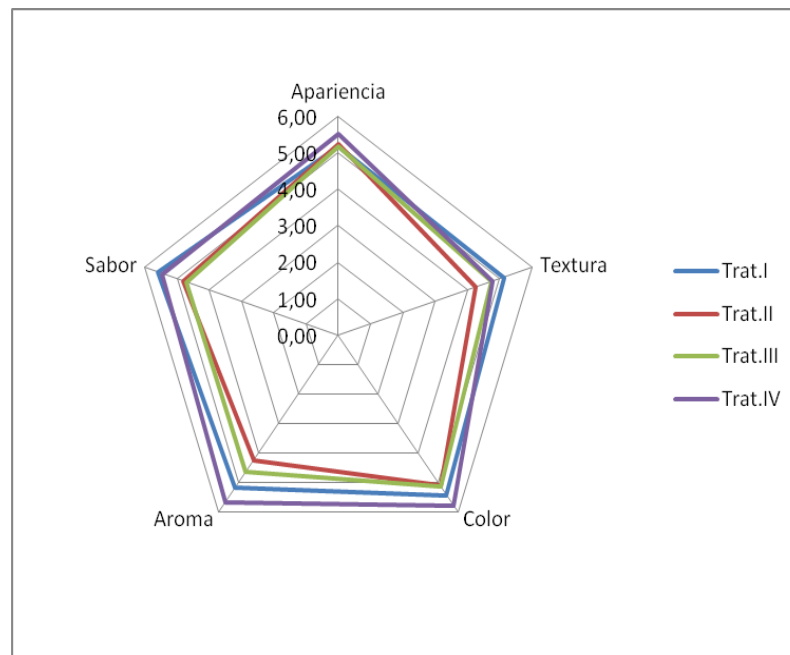


Figura 25. Perfil sensorial de los lomos salados con cuatro Tratamientos de salado. Trat. I: 100 % NaCl (testigo), Tratamiento II: 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III: 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

Como se mencionó antes el Tratamiento más elegido por los consumidores, después del Tratamiento control fue el IV, es decir el que tuvo mayor reemplazo de NaCl por KCl. Los resultados de la prueba de preferencia se muestran en la Figura 26.



Figura 26. Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del lomo salado con cuatro formulaciones diferentes.

Evaluando la aceptación general del producto final, como se expuso en la metodología, al final de la hoja de evaluación, los panelistas debían escoger el tratamiento que cada uno considerara debía ser rechazado, por ser de su desagrado. Los resultados se exponen en la siguiente Figura.

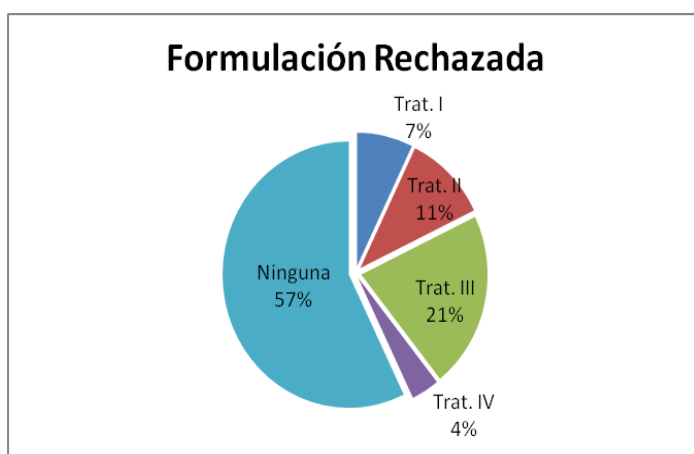


Figura 27. Porcentajes obtenidos en la prueba de rechazo de consumidores del lomo salado con cuatro formulaciones diferentes.

El 57 % de los consumidores consideró que ninguno de los tratamientos debía ser rechazado. Sólo el 4 % consideró de desagrado el Tratamiento IV y el 7 % el Tratamiento I. Luego, fueron los más rechazados Tratamiento II (11%) y Tratamiento III (21 %).

Análogamente a este estudio, Corral Silvestre S.¹¹⁷ halló diferencias significativas en el aroma entre los diferentes tratamientos de salados aplicados. Además, sabor, jugosidad y aceptabilidad fueron afectados por la reducción de sal en lotes de embutido tratados con diferentes formulaciones de sal en su estudio.

Campagnol y col.¹²⁶ observó una depreciación del aroma al emplear 50 % de KCl como sustituto en lomo salado.

Espinoza Ibarra y otros¹³⁰ encontraron diferencias en la textura de jamón con tratamientos con mayor reemplazo de NaCl por lactato de potasio. Además, obtuvieron diferencias en color y jugosidad de jamón. Para salchichas y chorizo parrillero encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en aroma y textura.

Armenteros y col.¹²⁸ no encontraron diferencias significativas en sabor, textura y aroma para tratamientos en lomos con reemplazos de hasta el 50 % de NaCl por KCl. Mientras que reemplazos del 70 % por KCl generaron diferencias significativas con respecto al control en todos los atributos, exceptuando el color.

Ya en 2006, Desmond E.¹⁰⁶ había demostrado que la sustitución en un rango del 25-40% del NaCl por otro tipo de sal no tiene ningún efecto significativo sobre el sabor y la textura de los productos cárnicos.

Con sustituciones de 50 y 60 % de NaCl por KCl en lomos, se encontraron notables diferencias de sabor en un estudio en 1996¹²⁵. No se encontraron diferencias en otros parámetros en aquel caso.

5.4.2. Fiambres Cocidos para Emparedados

La Tabla 18 y la Figura 28 muestran los resultados de la prueba hedónica de consumidores realizada al final del proceso de los fiambres cocidos de cerdo elaborados con diferente contenido de cloruro de sodio.

Como puede verse en la tabla, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos para ninguno de los atributos estudiados. De cualquier manera, la textura fue la más afectada por la reducción de sal, pudiendo observarse un valor menor para el tratamiento II, respecto del resto.

Como era de esperarse, al tratamiento I (control) le corresponden las mejores puntuaciones en todos los atributos, lo que se condice con los resultados del estudio de preferencia, en el que resultó el más elegido por los consumidores (35%), seguido por el tratamiento II (30%). Estos resultados se exponen en la Figura 29. Los consumidores consideraron que ninguno de los tratamientos debía ser rechazado.

El panel no detectó las diferencias en la textura y el color que quedaron en evidencia en los análisis del perfil de textura y de color, en los que se encontraron diferencias significativas en algunos de los tratamientos.

Tabla 18. Análisis Sensorial de los fiambres cocidos para emparedados con cuatro formulaciones diferentes.

Tratamiento	Apariencia	Textura	Color	Aroma	Sabor
I	5,43 ^a ± 1,32	4,05 ^a ± 0,99	5,50 ^a ± 1,04	5,54 ^a ± 0,88	5,39 ^a ± 1,29
II	4,68 ^a ± 0,97	4,25 ^a ± 1,10	5,04 ^a ± 1,14	5,00 ^a ± 1,19	4,79 ^a ± 1,66
III	5,25 ^a ± 1,14	4,25 ^a ± 1,04	5,21 ^a ± 1,44	5,18 ^a ± 1,47	5,11 ^a ± 1,23
IV	4,64 ^a ± 1,63	4,29 ^a ± 1,12	5,18 ^a ± 1,19	5,46 ^a ± 1,00	5,14 ^a ± 1,08
P	ns	ns	ns	ns	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

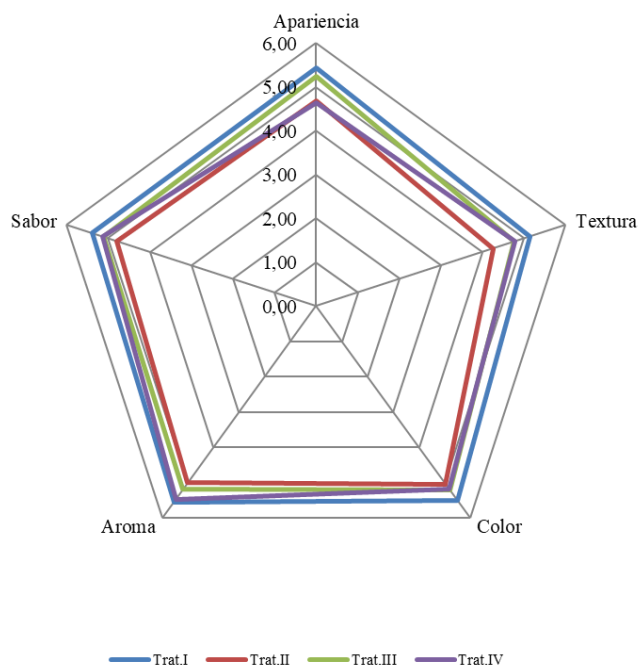


Figura 28. Perfil sensorial de los fiambres cocidos para emparedados con cuatro Tratamientos de salado. Trat. I: 100 % NaCl (testigo), Tratamiento II: 65 % NaCl-KCl 35 %, Tratamiento III: 50 % NaCl-KCl 50 %, Tratamiento IV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

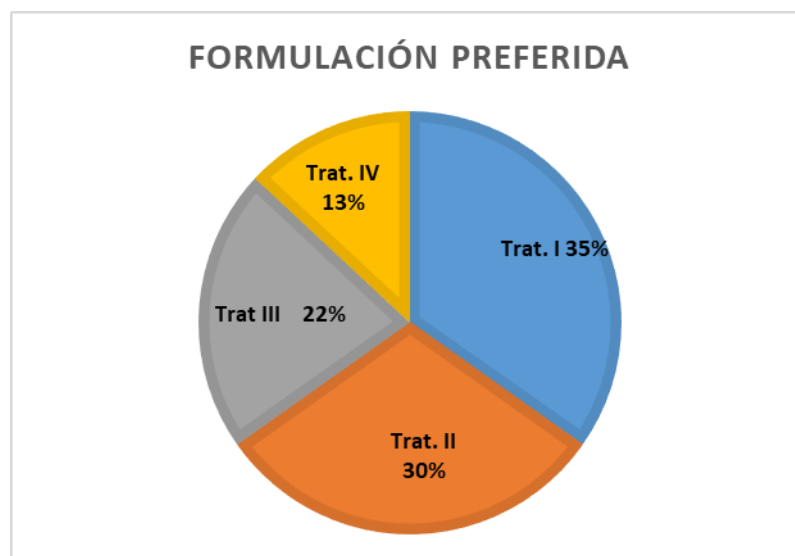


Figura 29. Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del fiambre cocido con cuatro formulaciones diferentes.

En cuanto a cuál tratamiento consideró el panel que debía ser rechazado, el tratamiento IV fue el que tiene el mayor porcentaje, el 36 %. Seguido por Tratamiento III, con 21 %. Un 18 % del panel consideró que ninguna muestra debía ser rechazada. Figura 30.

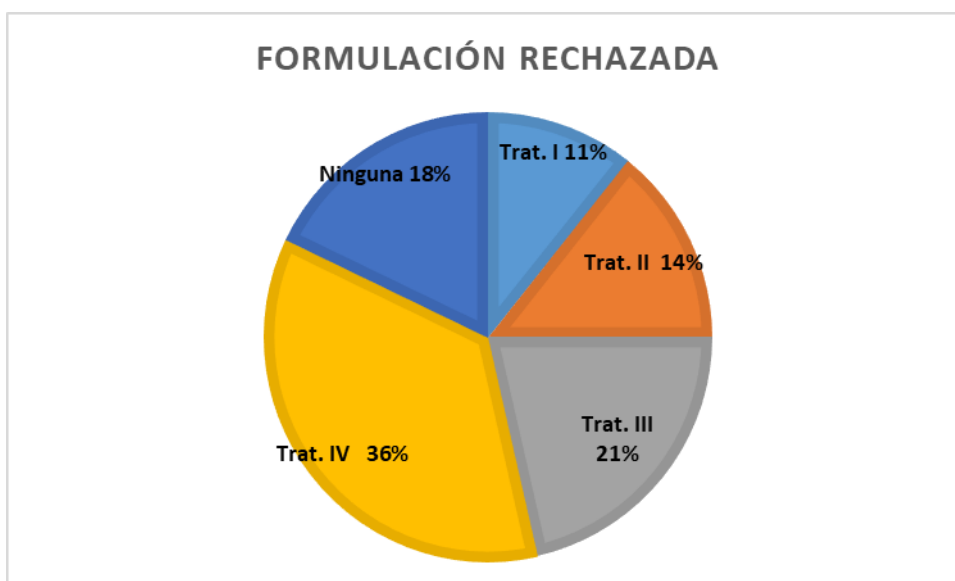


Figura 30. Porcentajes obtenidos en la prueba de rechazo de consumidores del fiambre cocido con cuatro formulaciones diferentes.

5.5 Efecto de los tratamientos de salado sobre la proteólisis de lomos

Las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares se extrajeron al final del proceso de los lomos salados con los cuatro tratamientos y su composición se analizó por electroforesis (ver Figura 31 y 32, respectivamente).

Como se muestra en estas Figuras, los perfiles electroforéticos de las proteínas tanto sarcoplásmicas como miofibrilares fueron muy similares en todas las formulaciones.

La identificación de proteínas fue realizada en función de la distancia recorrida en el gel (fr) y de la comparación con la banda correspondiente del MPM. De esta manera, en el perfil de proteínas sarcoplásmicas, fue identificada la mioglobina (16 kDa), la proteína más importante de este grupo. Por otro lado, como puede observarse en la Figura 31, las bandas son más intensas en los lomos con sustitución parcial del contenido de NaCl (tratamientos III y IV) que aquel salado tradicionalmente (tratamiento I). Más concretamente, los lomos de estos tratamientos (III y IV) exhiben un incremento en la intensidad de bandas entre los 45 y 166 kDa. Además de la banda de 37 kDa. Las bandas de 32, 34 (puede corresponder a proteína 34 k) y 35 kDa se mantienen en todas las muestras con la misma intensidad.

La intensidad de las bandas de 37 kDa, alrededor de 57 kDa y las cercanas a 100 kDa fue más baja para Tratamiento II. Este comportamiento también se exhibe en el perfil de proteínas miofibrilares para algunas bandas y se repitió en los duplicados ensayados.

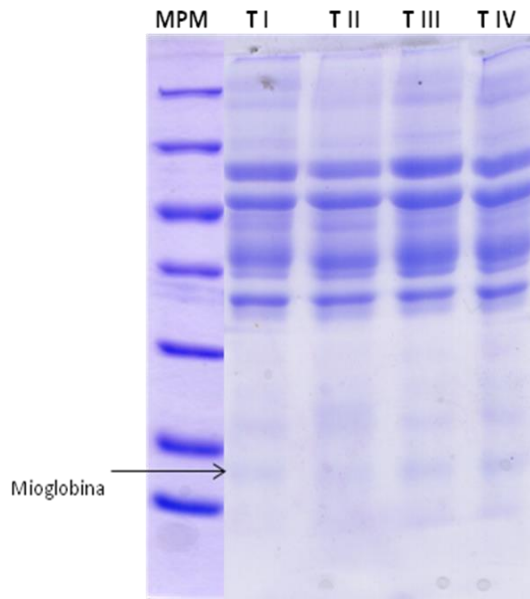


Figura 31. SDS-PAGE al 12 % de las proteínas sarcoplásmicas de lomos salados con 4 formulaciones de sal diferentes. T I: 100 % NaCl (testigo), T II: 65 % NaCl-KCl 35 %, T III: 50 % NaCl-KCl 50 %, T IV: 40 % NaCl-KCl 60 %. MPM: Marcador de peso molecular.

En función de la distancia recorrida en el gel (fr) y de la comparación con la banda correspondiente del MPM se lograron identificar ciertas bandas en el perfil de proteínas miofibrilares, tales como actina, proteína H y C, troponina, tropomiosina (Figura 32).

En el caso de este perfil electroforético las intensidades de las bandas no muestran grandes diferencias entre los tratamientos, excepto en el caso de actina y troponina en Tratamiento II (Figura 32) donde la intensidad de dichas bandas es menor (pérdida de troponina T puede estar relacionada a la disminución de dureza). Este comportamiento se repetía en los geles duplicado.

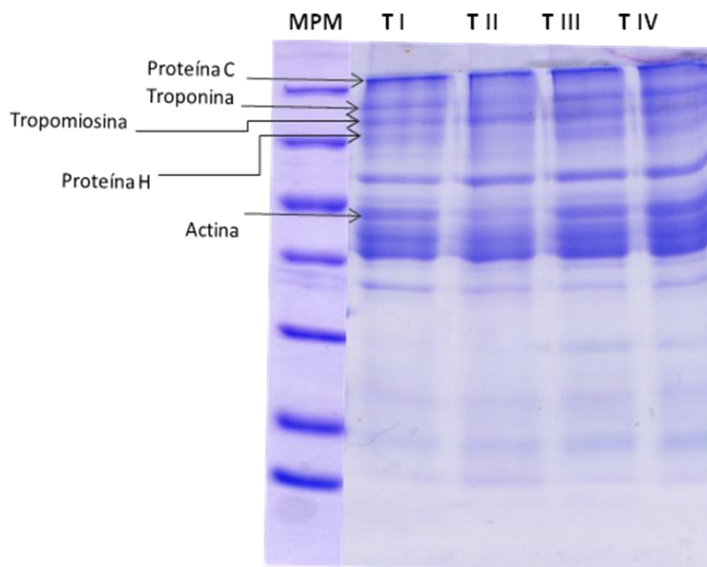


Figura 32. SDS-PAGE al 12 % de las proteínas miofibrilares de lomos salados con 4 formulaciones de sal diferentes. T I: 100 % NaCl (testigo), T II: 65 % NaCl-KCl 35 %, T III: 50 % NaCl-KCl 50 %, T IV: 40 % NaCl-KCl 60 %. MPM: Marcador de peso molecular.

En ambos perfiles se observan gran cantidad de bandas que no han sido identificadas. Las mismas podrían corresponder a fragmentos de proteínas, que han sufrido la proteólisis o pequeños péptidos o aminoácidos originados en este proceso.

En perfil de proteínas miofibrilares se observa una banda perfectamente marcada alrededor de los 50 kDa, pudiendo corresponder a la proteína I o proteína Z, las cuales tienen este peso molecular.

Armenteros y col.^{13,128} observó diferencias más relevantes en el perfil electroforético de las proteínas sarcoplásmicas. Además, sus electroferogramas de proteínas miofibrilares exhibían en todas las muestras una intensa degradación de las bandas de miosina y actina.

Resultados similares fueron observados por Armenteros y ^{13,128}, aunque en los 3 tratamientos de salado con sustitución parcial del contenido de NaCl, el incremento en las bandas era más progresivo aún que en este caso, y se manifestaba en las bandas entre los 55 kDa y los 28 kDa. Esto podría estar relacionado con la alta actividad catepsina B y B+L en aquellos lomos salados con alta concentración de potasio. La excepción fue la banda de 36 kDa que se mantuvo en todas las muestras con la misma densidad.

5.6 Color

5.6.1. Lomos Salados

El color en lomos de cerdo salados es debido principalmente a la presencia de hemo pigmentos, primordialmente nitrosilmioglobina y metamioglobina. Los parámetros de color obtenidos en el colorímetro como fue señalado en la metodología fueron: L*, a*, b*. Se buscó determinar diferencias entre los tratamientos de salado aplicados.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los parámetros a* y b* para lomos salados con cuatro tratamientos diferentes (Tabla 19). Sin embargo, si existen diferencias significativas para el parámetro L*. La media para el Tratamiento I es menor que cualquiera de los otros tres tratamientos con reemplazo de NaCl por KCl.

Tabla 19. Parámetros de color de las cuatro formulaciones de salado sobre los lomos. Tratamientos: I: 100 % NaCl (testigo), II: 65 % NaCl-KCl 35 %, III: 50 % NaCl-KCl 50 %, TIV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

Tratamiento	a*	b*	L*
I	10,70 ^a ± 0,81	1,47 ^a ± 0,33	42,47 ^a ± 1,98
II	10,37 ^a ± 0,86	1,20 ^a ± 0,66	44,40 ^b ± 2,24
III	11,02 ^a ± 1,29	1,41 ^a ± 0,74	46,16 ^c ± 1,68
IV	10,37 ^a ± 1,14	1,79 ^a ± 0,40	44,88 ^b ± 1,73
Valor P	ns	ns	**

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

Estos resultados coinciden con Aliño y col.¹³⁴ quienes no observaron diferencias significativas para los parámetros a* y b* para lomos salados con cuatro formulaciones diferentes. Sin embargo, coincidentemente con el presente caso, informó que los valores medios de L* diferían entre los tratamientos de salados aplicados.

Resultados similares también obtuvo Corral S.¹¹⁷ en un producto embutido curado. A los 29 días de maduración encontró diferencias significativas entre los

tratamientos para el parámetro L^* , dichos valores eran inferiores para el lote control, al igual que en el presente estudio.

En cambio Aliño y col.¹³⁵ con anterioridad no hallaron diferencias significativas en los parámetros de color para las 4 formulaciones de salado en lomos: T I: 100 % NaCl (testigo), T II: 65 % NaCl-KCl 35 %, T III: 50 % NaCl-KCl 50 %, T IV: 30 % NaCl-KCl 70 %.

Gou y col.¹²⁵ tampoco encontraron diferencias significativas en los parámetros de color para lomos salados con sustituciones hasta de 60 % con KCl.

En análisis sensorial de los lomos, el parámetro de color no fue percibido con diferencias por los panelistas.

5.6.2. Fiambres Cocidos para Emparedados

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los parámetros a^* y L^* al comparar los valores obtenidos para los fiambres cocidos elaborados con cada tratamiento (Tabla 20). Sin embargo, existen diferencias significativas entre todos los tratamientos para el parámetro b^* , encontrándose las medias de los Tratamientos I y IV en los extremos. Los valores de los parámetros de color se encontraron dentro de los promedios reportados por otros autores para productos similares^{154,168}. Estos resultados coinciden parcialmente con los de Barbieri y otros¹⁶⁹, que no encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros de color entre distintos tratamientos de salado para jamón cocido.

Tabla 20. Parámetros de color de las cuatro formulaciones de salado sobre los fiambres cocidos para emparedados. Tratamientos: I: 100 % NaCl (testigo), II: 65 % NaCl-KCl 35 %, III: 50 % NaCl-KCl 50 %, TIV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

Tratamiento	a^*	b^*	L^*
I	11,58 ^a ± 0,93	7,29 ^c ± 0,36	61,02 ^a ± 1,31
II	12,58 ^a ± 1,25	8,51 ^{ab} ± 1,13	60,64 ^a ± 1,14
III	12,54 ^a ± 1,45	8,02 ^{bc} ± 0,65	60,50 ^a ± 1,70
IV	13,16 ^a ± 0,62	9,32 ^a ± 0,47	61,41 ^a ± 1,05
Valor P	ns	**	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns (no significativo) $P > 0,05$. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para $p < 0,05$ (test de Tukey). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

5.7 Textura

5.7.1. Lomos Salados

El análisis de textura se llevó a cabo finalizado el proceso (34 días). Estadísticamente se observaron diferencias significativas en la cohesividad y elasticidad. El tratamiento II obtuvo mayores valores de cohesividad y elasticidad con respecto al testigo (tratamiento I) y al resto de los tratamientos (Tabla 21).

En el análisis sensorial el panel encontró alguna diferencia en tratamiento II en cuanto a textura, coincidentemente con algunos de estos parámetros referidos a textura. Así también en SDS PAGE para proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares, donde para Tratamiento II donde varias bandas tenían menor intensidad que el resto de los Tratamientos (Figura 29 y 30).

Tabla 21. Parámetros de textura de lomos salados con las cuatro formulaciones. Tratamientos: I: 100 % NaCl (testigo), II: 65 % NaCl-KCl 35 %, III: 50 % NaCl-KCl 50 %, TIV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

Tratamiento	Dureza	Adhesividad	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad
I	104,96 ^a ± 15,61	6,42 ^a ± 2,37	0,60 ^a ± 0	4,12 ^a ± 0,17	264,77 ^a ± 52,49
II	104,38 ^a ± 11,82	6,07 ^a ± 0,95	0,67 ^b ± 0,05	4,46 ^b ± 0,11	304,68 ^a ± 44,86
III	101,20 ^a ± 13,67	4,32 ^a ± 1,37	0,60 ^a ± 0	4,14 ^a ± 0,11	245,37 ^a ± 26,59
IV	108,06 ^a ± 13,51	4,06 ^a ± 1,89	0,60 ^a ± 0	4,24 ^c ± 0,19	270,68 ^a ± 30,05
Valor P	ns	ns	**	**	ns

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

Resultados similares encontró Corral¹¹⁷ en cuanto a diferencias entre los tratamientos referidos a la cohesividad. Además, observó diferencias significativas en masticabilidad, teniendo valores mayores para la muestra testigo con 100 % NaCl y valores menores para los tratamientos reducidos en NaCl.

Coincidentemente con este estudio, Gou y col¹²⁵. encontraron diferencias en la elasticidad de lomos con sustitución de NaCl por KCl del 50 % y 60 %.

Aliño y col.¹³⁴ hallaron diferencias en todos los parámetros de textura, excepto cohesividad, para su tratamiento con reemplazo de 70 % del NaCl. Esto ya había sido observado por Aliño y col.¹³⁵ con anterioridad; un reemplazo de 70 % de NaCl por KCl afectó la dureza y la masticabilidad de los lomos.

5.7.2. Fiambres Cocidos para Emparedados

El análisis de textura que se llevó a cabo en los productos terminados mostró diferencias significativas (p<0,05) en todos los parámetros estudiados, excepto la adhesividad entre el Tratamiento IV y los restantes (Tabla 22). Todos los valores del perfil de textura se encontraron dentro de los promedios reportados por otros autores^{154,170} para productos similares. Barbieri y otros¹⁶⁹ no encontraron diferencias significativas en el perfil de textura entre distintos tratamientos de salado para jamón cocido, en los que se redujo la concentración de sodio, pero ninguno de ellos fue tan exigente como el Tratamiento IV del presente estudio. Teniendo eso en cuenta, los resultados obtenidos por los autores concuerdan con los obtenidos en esta investigación.

Tabla 22. Parámetros de textura de fiambres cocidos para emparedados de las cuatro formulaciones. Tratamientos: I: 100 % NaCl (testigo), II: 65 % NaCl-KCl 35 %, III: 50 % NaCl-KCl 50 %, TIV: 40 % NaCl-KCl 60 %.

Tratamiento	Dureza	Adhesividad	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad
I	74,75 ^b ± 15,97	0,31 ^a ± 0,07	0,48 ^b ± 0,04	5,25 ^b ± 0,42	187,33 ^b ± 51,31
II	72,20 ^b ± 6,15	0,28 ^a ± 0,03	0,50 ^b ± 0,00	4,97 ^b ± 0,32	164,22 ^b ± 25,71
III	71,00 ^b ± 16,75	0,29 ^a ± 0,14	0,49 ^b ± 0,03	4,89 ^b ± 0,13	170,28 ^b ± 43,15
IV	52,10 ^a ± 8,47	0,28 ^a ± 0,08	0,42 ^a ± 0,04	4,47 ^a ± 0,19	95,90 ^a ± 27,35
Valor P	**	ns	**	**	**

P: valor del efecto del reemplazo de NaCl. ***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; ns (no significativo) P>0,05. Las letras de los superíndices iguales en un mismo parámetro indican que no existe diferencias significativas para p<0,05 (test de Tukey). Los valores representan las medias ± desviación estándar.

6- RESULTADOS COMO PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

CONGRESOS

- ❁ Modalidad: Presentación Oral en CyTAL 2018, 8^{va} Jornadas de Ciencia y Tecnología para Alumnos.
Setiembre de 2018, UTN FRVM, Villa María, Córdoba, Argentina.
Título: CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y FISICOQUÍMICA DE PRODUCTOS CÁRNICOS ELABORADOS CON CANTIDADES REDUCIDAS DE SODIO.
Autor/es: TAVELLA, J., CABRERA, S., Tutor/es: CHESTA, A. A., GONZALEZ ESTEVEZ, V.
- ❁ Modalidad: Presentación Oral en V Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, CLICAP 2018.
Abril de 2018, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Mendoza, Argentina.
Título: EFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE CLORURO DE SODIO POR CLORURO DE POTASIO SOBRE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DE FIAMBRES COCIDOS DE CERDO PARA EMPAREDADOS.
Autor/es: GONZALEZ ESTEVEZ, V.; CHESTA, A. A.; MONTENEGRO, M. A.
- ❁ Modalidad: Póster en XVI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CyTAL).
Setiembre de 2017, Mar del Plata, Argentina.
Título: CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE FIAMBRES COCIDOS DE CERDO PARA EMPAREDADOS ELABORADOS CON CANTIDADES REDUCIDAS DE SODIO
Autor/es: CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V.; MOYANO, S. A., MONTENEGRO, M. A.
- ❁ Modalidad: Póster en VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICyTAC).
Noviembre de 2016, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
Título: CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y TECNOLÓGICA DE LOMOS DE CERDO SALADOS ELABORADOS CON CANTIDADES REDUCIDAS DE SODIO.
Autor/es: CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V.; BOIERO, M. L., MONTENEGRO, M. A.

REVISTAS

- ❁ CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V.; MOYANO, S. A., MONTENEGRO, M. A. Caracterización sensorial y tecnológica de fiambres cocidos de cerdo de cerdo salados para emparedados elaborados con cantidades reducidas de sodio. La Industria Cárnica Latinoamericana. junio de 2018, 207, 44 – 48. ISSN 0325-3414.
- ❁ CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V.; BOIERO, M. L., MONTENEGRO, M. A. Caracterización sensorial y tecnológica de lomos de cerdo salados elaborados con cantidades reducidas de sodio. La Alimentación Latinoamericana, diciembre de 2016, 328, 52 – 59. ISSN 0325-3384.
- ❁ CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V.; BOIERO, M. L., MONTENEGRO, M. A. Caracterización sensorial y tecnológica de lomos de cerdo salados elaborados con cantidades reducidas de sodio. La Industria Cárnica Latinoamericana, noviembre de 2016, 202, 32 – 39. ISSN 0325-3414.

ARTÍCULOS

- ❁ TAVELLA J., CABRERA S., CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V. Caracterización sensorial y fisicoquímica de productos cárnicos elaborados con cantidades reducidas de sodio. CyTAL 2018, 8va Jornadas de Ciencia y Tecnología: Memorias de trabajos. Compilado por Ing. Cejas M., Ing. Gonella J., Ing. Sensini F. 1ra edición. Provincia de Córdoba, 2018. ISBN: 978-987-4433-19-0, 2018.
- ❁ CHESTA, A. A.; GONZALEZ ESTEVEZ, V.; BOIERO, M. L., MONTENEGRO, M. A. Caracterización sensorial y tecnológica de lomos de cerdo salados elaborados con cantidades reducidas de sodio. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos 2016: libro de actas/resúmenes. Compilado por Alberto Edel León et al. Editado por Alberto Edel León, Victoria Rosati y Carlos Walter Robledo. 1ra edición. Córdoba: Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba, 2016. ISBN: 978-987-45380-0-0, 2016.

Todas las publicaciones y presentaciones han sido en el marco de la presente Tesis y del Proyecto: CARACTERIZACIÓN SENSORIAL Y TECNOLÓGICA DE PRODUCTOS CÁRNICOS REDUCIDOS EN SODIO. PID UTN 4124. 2016-2018. Director: Dra. Montenegro Mariana.

7- CONCLUSIONES

- Tanto los análisis de las propiedades físicoquímicas y los recuentos microbiológicos, como el análisis sensorial al que fueron sometidos los lomos de cerdo salados elaborados con los cuatro tratamientos de salado propuestos mostraron que una sustitución del 60% de NaCl con KCl en la elaboración, permite obtener productos con características sensoriales muy buenas. De hecho, este tratamiento fue seleccionado en segundo lugar de preferencia por el panel que evaluó sus características sensoriales y fue el menos rechazado, incluyendo el tratamiento control. Por lo tanto, para lomos salados es posible asegurar que el tratamiento de salado IV (40% NaCl – 60% KCl) presenta características sensoriales apropiadas para los consumidores y no presenta riesgo microbiológico.

- Los resultados del análisis de las propiedades físicoquímicas y los recuentos microbiológicos de los fiambres cocidos de cerdo para emparedados elaborados con los cuatro tratamientos de salado propuestos mostraron que una sustitución del 50% de NaCl por KCl en la elaboración (Tratamiento III), permite obtener productos con características sensoriales muy buenas (medidas a través de parámetros físicoquímicos) y seguros desde el punto de vista bromatológico (determinaciones microbiológicas). El Tratamiento IV, resultó demasiado exigente y mostró diferencias significativas en particular en relación al perfil de textura; de cualquier manera, el panel no entrenado no identificó diferencias en estos atributos.

- No existen problemas sanitarios para cualquiera de los reemplazos de NaCl en ninguno de los dos productos como pudo observarse con los resultados microbiológicos. Por lo tanto, es totalmente viable su consumo desde aspectos bromatológicos. De igual manera, en relación al sabor de los productos logrados. Ya que el panel sensorial no detectó sabores desagradables y/o extraños para ninguna de las fórmulas de lomos y fiambres.

- El panel sensorial encontró defectos en textura para los lomos con sustitución de 35 % de NaCl por KCl (Tratamiento II). Coincidiendo para éste tratamiento el resultado de textura instrumental, donde dos parámetros tuvieron diferencias significativas con el control. Así también en SDS PAGE para proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares, donde para el mismo tratamiento, varias bandas tuvieron menor intensidad que el resto de los Tratamientos, lo que conlleva a deducir que pudieran existir defectos de acabado. En el caso de los fiambres cocidos hubo diferencias en la mayoría de los parámetros de textura instrumental para un reemplazo de 60 % (Tratamiento IV), sin embargo, el panel no detectó defectos para ninguno de los tratamientos, como se mencionó con anterioridad.

- La reducción en la concentración de sodio estudiada convierte a cualquiera de los productos cárnicos elaborados en un alimento más saludable que su versión original, lo que no sólo resulta beneficioso para los consumidores, sino que también constituye una solución para la industria cárnica en Argentina que debe adaptarse a la nueva legislación.

- Como fue planteado como objetivo del estudio, los resultados positivos producen un impacto social positivo, alineado con los esfuerzos llevados a cabo por los organismos de salud nacionales e internacionales en el tema de reducción de consumo de niveles de sodio.

- Con un manejo apropiado de estrategias de marketing, la comercialización de estos productos cárnicos reducidos en cantidad de sodio podría reflejar en una mayor rentabilidad para las empresas, resultando de gran interés a la industria cárnica.

8- REFERENCIAS

- ¹ Prandl, O.; Fisher, A.; Schmidhofer, T.; Sinell, H. (1994) Tecnología e Higiene de la Carne. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- ² Capítulo III: De los Productos Alimenticios y Capítulo VI: Alimentos Cárneos y Afines. Código Alimentario Argentino. Ley 18284. República Argentina.
- ³ Decreto 4238/68 Capítulo XV: Salazones. SENASA.
- ⁴ Ministerio de Asuntos Agrarios. Departamento de Competitividad Agroalimentaria. Protocolos de Elaboración. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. www.maa.gba.gov.ar.
- ⁵ <http://www.senasa.gov.ar/decreto-4238-68>.
- ⁶ Ruusunen, M.; Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70, 531-541.
- ⁷ Toldrá, F.; Flores, M. (2007). Processed pork meat flavours. *Handbook of Food Products Manufacturing*. Ed. Y.H., Hui. Chapter 61. John Wiley & Sons, Inc.
- ⁸ OMS (2013). Información general de la Hipertensión en el mundo. WHO Document Production Services, Ginebra (Suiza).
- ⁹ Zehnder C. B. (2010) Sodio, potasio e Hipertensión Arterial. *REV. MED. CLIN. CONDES* 21(4) 508-515.
- ¹⁰ Ministerio de Salud de Costa Rica (2011). Pan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal / Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021.
- ¹¹ Dirección de Promoción de la Salud y Control de Enfermedades No Transmisibles. Ministerio de Salud de la Nación. Presidencia de la Nación. Disponible en: <http://www.msal.gov.ar/ent/index.php/informacion-para-ciudadanos/menos-sal-vida>
- ¹² Fundación Interamericana del Corazón - Argentina (FIC Argentina). Informe: Consumo de Sal.
- ¹³ Armenteros Cuesta, M. (2010). Tesis Doctoral: Reducción de sodio en lomo y jamón curados. Efecto sobre la proteólisis y las características sensoriales. Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Tecnología de Alimentos.
- ¹⁴ Ruusunen, M. y Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70: 531-541.
- ¹⁵ Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; (1999). Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on texture and color of dry fermented sausages. *Journal Agric. Food Chem.* 47,873-877.
- ¹⁶ Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; (2001a). Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect on color, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*, 57 23-29.
- ¹⁷ Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; (2001b). Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on microbiological evolution of dry fermented sausages. *Food microbiology*, 18, 329-334.
- ¹⁸ Apango Ortíz, A. Elaboración de Productos Cárnicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, México.
- ¹⁹ Murcia, J.L. (2012) Embutidos y Salazones. *Revista Alimentación en España*, 73-79.
- ²⁰ Díaz Yubero, I. (2012) Embutidos y Salazones. *Revista Alimentación en España*, 80-87.
- ²¹ Jimenez Colmenero F., Carballo Santaolalla J. Principios Básicos de Elaboración de Embutidos.

-
- ²² De Ugarriza S. (2009) Terminología comercial agropecuaria. Ediciones de la Universidad Católica de Salta. Salta, Argentina.
- ²³ <http://www.esiberico.com/blog/como-distinguir-entre-cabecero-de-lomo-y-lomo-iberico/>
- ²⁴ Solís Rojas, J.L. (2005) Manual de Prácticas. Tecnología de Carnes. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- ²⁵ Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina. Anuario 2017 Porcinos. Dirección Nacional de Producción Ganadera.
- ²⁶ Iglesias D. H., Ghezan G. (2013) Análisis de la cadena de producción porcina en la Argentina. INTA Balcarce. Argentina.
- ²⁷ MAGyP. (2015) Boletín Porcino. Dirección de Porcinos, Aves de Granja y No Tradicionales Dirección Nacional de Producción Ganadera. Argentina.
- ²⁸ MAGyP. (2011) Anuario - Porcinos. Argentina.
- ²⁹ GITEP Grupo de Intercambio Tecnológico de Explotaciones Porcinas (2014) Anuario. Argentina.
- ³⁰ Millares, P. (2011) Carne Porcina. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Alimentos Argentinos.
- ³¹ <http://www.caicha.org.ar/>
- ³² Millán Fuertes, A. (2008): Seguridad e inseguridad alimentarias: algunas observaciones sobre los OMG. Revista Distribución y Consumo N° 99, mayo-junio.
- ³³ Brieva S. S. (2014) Visión prospectiva de la cadena de carne porcina al 2030. Proyecto MINCYT-BIRF: Estudios del Sector Agroindustrial – Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- ³⁴ Andújar G., Pérez D., Venegas O. (2003) Química y Bioquímica de la Carne y los Productos Cárnicos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Editorial Universitaria Ciudad de La Habana, Cuba.
- ³⁵ Méndez C. El mejor aprovechamiento de la carne de cerdo. (2017) La Industria Cárnica Latinoamericana N° 205, 34-40.
- ³⁶ Mora L. (2010) Tesis Doctoral: Determinación de Compuestos Bioquímicos para el Control de Calidad en la Elaboración de Jamón Cocido y Jamón Curado. Universidad de Valencia. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA). Valencia, España.
- ³⁷ Solís Suárez, J. C. (2012) Identificar Cambios Bioquímicos en Productos Cárnicos
- ³⁸ Leistner, L., Rödel, W. (1992) Water Activity in Meats en Water Relation in Foods Ed. D. B. Duckworth, Academic Press, New York.
- ³⁹ Castellani, A. G., Niven, C. F. (1955) Applied Microbiology 3, 154-159.
- ⁴⁰ Roberts, T. A., Ingram, M. (1973) Journal of Food Technology, 8, 467-475.
- ⁴¹ Hospital, X.F., Hierro, E., Fernández, M. (2012). Survival of *Listeria innocua* in dry fermented sausages and changes in the typical microbiota and volatile profile as affected by the concentration of nitrate and nitrite. Int. J. of Food Microbiol. 153, 395-401.
- ⁴² Ordóñez, J.A., Hierro, E.M., Bruna, J.M., De la Hoz, L. (1999). Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 39(4): 329-367.
- ⁴³ Lorente, M., Villegas, B., Sánchez, M.J. (2011a). Efecto de la reducción de la concentración de nitratos y nitritos en la calidad sensorial de productos cárnicos crudo-curados. En Eurocarne, 194, 74-79.
- ⁴⁴ Lorente, M., Villegas, B. y Sánchez, M.J. (2011b). SUBPROYECTO NITRARED. ACCION 7: Análisis sensorial de embutidos crudo-curados con distintos niveles de nitratos y nitritos. En: "Productos cárnicos para el siglo XXI. Seguros, nutritivos y saludables". Editado por Universidad de Extremadura. Eds. Ordoñez, J.A., Córdoba, J.J. y Ventanas, J. pg. 323 (ISBN 978-84-7723-949-9). (Depósito legal M-31.711-2011).

-
- ⁴⁵ Arnau Arboix J., Guàrdia, M. D., Gratacós M., Fernández M., Roncalés P., Carballo J., Villegas B., Ruiz J., Sanjuan N. (2013) Avances en la producción de elaborados cárnicos, Cap. V, Ed. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. España.
- ⁴⁶ Fernández S., Vitancurt J. (1999) El Proceso de Salado con Maduración de Lacha (*Brevoortia* spp.) Instituto de Investigaciones Pesqueras. Facultad de Veterinaria, Uruguay.
- ⁴⁷ Prieto, B. y Carballo, J. (1997). El control analítico de la calidad en los productos cárnicos crudos-curados. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 112-120.
- ⁴⁸ Watanabe, A. y Devine, C. (1996). Effect of meat ultimate pH on rate of titin and nebulin degradation. *Meat Science*, 42, 407-413.
- ⁴⁹ Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sanudo, C., Alberti, P., y Roncalés, P. (1997). Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45, 201-207.
- ⁵⁰ Arnau, J., Guerrero, L., Casademont, G. y Gou, P. (1995). Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry cured ham during processing. *Food Chemistry*, 52, 63-69.
- ⁵¹ Sánchez-Molinero, F. (2003). *Modificaciones tecnológicas para mejorar la seguridad y calidad del jamón curado*. (Tesis Doctoral). Universitat de Girona. Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària. Girona, España.
- ⁵² Sánchez-Molinero, F. (2003). *Modificaciones tecnológicas para mejorar la seguridad y calidad del jamón curado*. (Tesis Doctoral). Universitat de Girona. Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària. Girona, España.
- ⁵³ Ros, G., Martínez, C. (2005). Calidad y composición nutritiva de la carne, el pescado y el marisco. En A. Gil, y M. D. Ruíz (Eds.), *Tratado de nutrición* (pp. 106-145). Madrid: Grupo Asociación Médica.
- ⁵⁴ Honikel, K. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76.
- ⁵⁵ Salazar Serna E. (2003) Tesis Doctoral: Tecnología y caracterización de productos cárnicos curados obtenidos a partir de cerdo Chato Murciano. Universidad de San Antonio. Murcia, España.
- ⁵⁶ Larrea, (2003). *Caracterización química y microestructural de proceso de elaboración de jamón curado D.O. Teruel*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de los Alimentos. Valencia, España.
- ⁵⁷ Pospiech, E., Grzes, B., Lyczynski, A., Borzuta, K., Szalata, M. y Mikolajczak, B. (2003). Muscle proteins and their changes in the process of meat tenderization. *Animal Science Papers and Reports*, 21, 133-155.
- ⁵⁸ Vidal Tovar C. R. (2012) Procesos Cárnicos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología y Ingeniería. Valledupar, Colombia.
- ⁵⁹ González Tenorio, R. (2003) Tesis Magíster: Propiedades fisicoquímicas y de textura del músculo brachiocephalicus de bovino marinado con cloruro de calcio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- ⁶⁰ Salazar Gutiérrez, G. (2006) Tesis doctoral: Composición química de la carne de cerdo, en relación al gen del síndrome de estrés porcino. Universidad de Colima. México.
- ⁶¹ Ramírez, R. (2006). *Evaluación de la calidad y aptitud tecnológica de la carne y productos curados de cerdos ibéricos procedentes de distintos cruces con líneas genéticas de cerdos Duroc*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- ⁶² Toldrá, F., Cerveró, C., Part, C. (1993). Porcine aminopeptidase activity as affected by curing agents. *Journal of Food Science*, 58, 724-726.
- ⁶³ Córdoba, J. J., Antequera, T., García, C., Ventanas, J., López-Bote, C., Asensio, M. A. (1994).

- Evolution of free amino acids and amines during ripening of Iberian cured ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2296–2301.
- ⁶⁴ Ventanas, J. y Timón, M. L. (2001). Cambios madurativos en el jamón curado de cerdo ibérico. En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos* (pp. 1.248-1.264). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.
- ⁶⁵ Sánchez-Molinero, F. (2003). Tesis Doctoral: Modificaciones tecnológicas para mejorar la seguridad y calidad del jamón curado. Universitat de Girona. Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària. Girona, España.
- ⁶⁶ Antequera, M.T., Martín, L. (2001). Reacciones químicas y bioquímicas que se desarrollan durante la maduración del jamón Ibérico. En J. Ventanas (Ed.), *Tecnología del jamón Ibérico* (pp. 293-323). Madrid: Mundi Prensa.
- ⁶⁷ Toldrá, F. (2006). The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Food Science and Technology*, 17, 164-168.
- ⁶⁸ Toldrá, F., Flores, M. (1998). The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham. *Critical Reviews in Food Science*, 38, 331-352.
- ⁶⁹ Toldrá, F., Aristoy, M.C. (2010). Dry-cured ham. En F. Toldrá (Ed), *Handbook of Meat Processing* (pp.351-362). Ames, Iowa: Willey-Blackwell.
- ⁷⁰ Ordóñez, J. A., De la Hoz, L. (2001). Embutidos crudos curados. Tipos. Fenómenos madurativos. Alteraciones. En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos* (pp. 1.063-1.090). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.
- ⁷¹ Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104.
- ⁷² Rosell, C. M., Toldrá, F. (1996). Effect of curing agents and m-calpain activity throughout the curing process. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung*, 203, 320-325.
- ⁷³ Toldrá, F. (1998). Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Science*, 49, 101-110.
- ⁷⁴ Toldrá, F., Flores, M., Sanz, Y. (1997). Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence. *Food Chemistry*, 59,523–530.
- ⁷⁵ Estévez, M., Ventanas, S. y Cava, R. (2005). Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: Effect on colour and texture deterioration. *Journal of Food Science*, 70, 427-432.
- ⁷⁶ Estévez, M., Morcuende, D., y Ventanas, S. (2008b). Determination of oxidation. *Handbook of Muscle Foods Analysis*. Eds. Nollet, L.M.L. y Toldrá, F., pp. 221-239, CRC Press, Boca Raton FL, E.E.U.U.
- ⁷⁷ Toldrá, F. (2006a). Dry-cured ham. En: *Handbook of Food Science Technology and Engineering*, vol. 4, pp 164-1- 164-11. Ed: Y.H. Hui et al. CRC Press, Boca Raton, FL, E.E.U.U.
- ⁷⁸ Park, D., Xiong, Y.L. y Alderton, A.L. (2006). Concentration effects of hydroxyl radical oxidizing systems on biochemical properties of porcine muscle myofibrillar protein. *Food Chemistry*, 101, 1239-1246.
- ⁷⁹ Estévez, M. y Cava, R. (2004). Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Science*, 68, 551-558.
- ⁸⁰ Santos Arnaiz, C. (2012). Elaboración de jamones curados y cocidos enriquecidos en ácidos grasos n-3 y tocoferoles. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria. España.
- ⁸¹ James, W.P., Ralph, A., Sanchez-Castillo, C.P. (1987). The dominance of salt in manufactured food in the sodium intake of affluent societies. *Lancet*, 1 (8530), 426-429.
- ⁸² Nestle, M. (2002). *Food Politics-How the Food Industry Influences Nutrition and Health*. London, University of California Press.
- ⁸³ Puig, P. (1984). *Sal y Alimentación: Un absurdo desbarajuste*. Ediciones Sirocco Sociedad Anónima, Barcelona, España.

- ⁸⁴ Fritsche, B. (1964) Der Zucker Salzhandel im 19 Jahrhundert Dissertation-Eigenverlag, pp. 132. Zurich. Alemania.
- ⁸⁵ Laszlo, P. (2001). Salt: Grain of life. Columbia University Press. Nueva York, E.E.U.U.
- ⁸⁶ Obarzanek, E., Prosscham, M.A., Vollmer, W.M., Moore, T.J., Sacks, F.M., Appel, I.J., et al. (2003). Individual blood pressure responses to changes in salt intake: Results from the DASH-sodium trial. *Hypertension*, 42, 459-467.
- ⁸⁷ Elliott, P., Stamler, J., Nichols, R., Dyer, A.R., Stamler, R., Kesteloot, H. y Marmot, M. (1996). Intersalt revisited: further analyses of 24 hour sodium excretion and blood pressure within across populations. *British Medical Journal*, 312, (7041), 1249-1253.
- ⁸⁸ Segura, R., Webb, S., Tovar, J.L. y Gausí, C. (2000). Importancia de la sal en la alimentación. Los minerales y la salud. Fundación Sal y Salud. Plaza & Janés Editores. Barcelona, España pp.279-336.
- ⁸⁹ He, F.J., y MacGregor, G.A. (2003). How far should salt intake be reduced? *Hypertension*, 42, 1093-1099.
- ⁹⁰ Lev-Ran, A. y Por22ta, M. (2005). Salt and hipertensión: a phylogenetic perspectiva. *Diabetes Metabolism Research and Reviews*, 21, 118-131.
- ⁹¹ Intersalt Cooperative Research Group (1988). Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion.
- ⁹² Sacks, F.M., Svetkey L.P., Vollmer, W.M., et al. (2001) DASH Collaborative Research Group: Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet. *The new England Journal of Medicine*, 334, 3-10.
- ⁹³ Beyer, F.R., Dickinson, H.O., Nicolson, D.J., Ford G.A y Mason, J. (2006). Administración de suplementos de calcio, magnesio y potasio combinados para el tratamiento de la hipertensión primaria en adultos. (Revisión Cochrane traducida). *La Biblioteca Cochrane Plus*, Número 2. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>
- ⁹⁴ Laragh, J.H. y Brenner, BM. (1995). Hypertension: pathophysiology, diagnosis and management. Vol. 1, 2. New York: Raven Press Ltd.
- ⁹⁵ Hooper, L., Bartlett C., Smith, D., Ebrahim, S. (2002). Systematic review of long term effects of advice to reduce dietary salt in adults. *An International General Medical Journal*, 325, 628-636.
- ⁹⁶ He, F.J. y MacGregor, G.A. (2004). Effect of longer-term modest salt reduction on blood ressure. In: *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- ⁹⁷ INTERSALT. (1988). Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion. "Intersalt Cooperative Research Group". *An International General Medical Journal*, 297, 6644, 319-328.
- ⁹⁸ Dyer, A.R., Elliot, P. y Shipley, M. (1994). Urinary electrolyte excretion in 24 hours and blood pressure in the INTERSALT Study. II. Estimates of electrolyteblood pressure associations corrected for regression dilution vias. The INTERSALT Cooperative Research Group. *American Journal of Epidemiology*, 139, (9), 283-289.
- ⁹⁹ Buemi, M., Senatore, M., Corica, F., Aloisi, C., Romeo, A., Tramontana, D. y Frisina, N. (2002). Diet and Arterial Hypertension: Is the Sodium Ion Alone Important? *Medical Research Reviews*, 22, (4), 419-428.
- ¹⁰⁰ Vaskonen, T. (2003) Dietary minerals and modification of cardiovascular risk factors. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 492-506.
- ¹⁰¹ Nowson, C.A., Morgan, T.O. y Gibbons, C. (2003). Decreasing dietary sodium while following a self-selected potassium-rich diet reduces blood pressure. *Journal of Nutrition*, 133, 12, 4118-4123.

-
- ¹⁰² Beyer, F.R., Dickinson, H.O., Nicolson, D.J., Ford G.A y Mason, J. (2006). Administración de suplementos de calcio, magnesio y potasio combinados para el tratamiento de la hipertensión primaria en adultos. (Revisión Cochrane traducida). La Biblioteca Cochrane Plus, Número 2. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>.
- ¹⁰³ He, F.J. y MacGregor, G.A. (2007). Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. Reducing salt in foods, practical strategies. Eds: Kilcast, D. and Angus, pp19-53F. CRC Press, Boca Raton, FL, E.E.U.U.
- ¹⁰⁴ Mohan, S. y Campbell, N.R.C. (2009). Salt and high blood pressure. *Clinical Science*, 117, 1-11.
- ¹⁰⁵ <http://www.sacn.gov.uk>
- ¹⁰⁶ Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74, 188-196.
- ¹⁰⁷ de Luis D.; Aller R.; Zarzuelo S. (2006) Sal en la dieta en la era de los antihipertensivos *Med Clin (Barc)*.127(17):673-5.
- ¹⁰⁸ Borst J.G., Borst-de Geus A. (1963) Hypertension explained by Starling's theory of circulatory homeostasis. *Lancet* 1:677-82.).
- ¹⁰⁹ Guyton A.C., Coleman T.G., Cowley A.W. Jr Arterial pressure regulation: overriding dominance of the kidney in long term regulation and in hypertension. *Am J Med* 2972; 52:584-94.
- ¹¹⁰ Mancilha-Carvalho JJ, de Olivera R, Esposito RJ. (1989) Blood pressure and electrolyte excretion in the Yanomamo Indians, an isolated population. *Journal Hum Hypertension* 3:309-14.
- ¹¹¹ Gallen J.W., Rosa R.M., Esparaz D.Y. (1998) On the mechanism of the effects of potassium restriction on blood pressure and renal sodium retention. *Am Journal Kidney Dis*; 31:19-27.
- ¹¹² Valdes G., Vio C.P., Montero J. (1991) Potassium supplementation lowers blood pressure and increases urinary kallikrein in essential hypertension. *Journal Hum Hypertens* 5(2):91-6.
- ¹¹³ Siani A., Strazzullo P., Giacco A. (1991) Increasing the dietary potassium intake reduces the need for antihypertensive medication. *Ann Intern Med* 115(19):753-9.
- ¹¹⁴ McCall D.O., McGarland C.P., McKinley M.C. (2009) Dietary intake of fruits and vegetables improves microvascular function in hypertensive subjects in a dose-dependent manner. *Circulation* 119:2153-60.
- ¹¹⁵ He, F.J, MacGregor, GA. (2008). A comprehensive review on salt and health and current experiences of worldwide salt reduction programs. *Journal of Human Hypertension*, pp.1-22.
- ¹¹⁶ Ministerio de Salud. Presidencia de la Nación (2011). Disponible en <http://www.msal.gov.ar/ent/index.php/informacion-para-ciudadanos/menos-sal--vida>.
- ¹¹⁷ Corral Silvestre, S. (2010). Tesis de Magíster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos: Efecto de la reducción de sal en la calidad de embutidos crudo curados. Universidad Politécnica de Valencia Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos.
- ¹¹⁸ Betts, G., Everis, L. y Betss, R. (2007). Microbial issues in reducing salt in food products. En: *Reducing Salt in foods, practical strategies*. Eds. Kilcast, D. y Angus, F. pp 175-199. CRC Press, Boca Raton, FL, E.E.U.U.
- ¹¹⁹ Toldrá, F. (2002). Manufacturing of dry cured ham. En F. Toldrá (Ed.), *Dry cured meat products* (pp. 27-62). Trumbull, Connecticut: Food and Nutrition Press, Inc.
- ¹²⁰ Aristoy, M.C., Toldrá, F. (1995) Isolation of flavor peptides from raw pork meat and dry-cured ham. En: *Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence*. Eds. Charalambous Amsterdam, pp.1323-1344G. The Netherlands: Elsevier Science Publishers BV.
- ¹²¹ Fennema, O.R. (1993). *Química de los Alimentos*. Ed. Acibia, Zaragoza, España.

- 122 Toldrá, F. (2006b). The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 164-168.
- 123 Rico, E., Toldrá, F., Flores, J. (1991). Effect of dry-curing process parameters on pork muscle cathepsin B, H and L activity. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchungund-Forschung*, 193, 541-544.
- 124 Sentandreu, M.A., Coulis, G., Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology*, 13: 400-421
- 125 Gou, P.; Guerrero, L.; Gelabert, J.; Arnau, J. (1996). Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42 (1) 37-48.
- 126 Campagnol, P.C.B.; Santos, B.A.; Wagner, R.; Terra, N.N.; Pollonio, M.A.R. (2011a). The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat Science*, 87, 290-298.
- 127 Guárdia, M.D.; Guerrero, L.; Gelabert, J.; Gou, P.; Arnau, J. (2008). Sensory characterization and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50 % substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. *Meat Science*, 80, 1225-1230.
- 128 Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M., & Toldrá, F. (2009a). Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117, 627–633.
- 129 Gelabert, J., Gou, P., Guerrero, L., & Arnau, J. (2003). Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65, 833–839.
- 130 Espinoza Ibarra E. A., Hernandez Lopez Y. L. (2010) Efecto de tres niveles de cloruro de sodio y dos de lactato de potasio en las características sensoriales y microbiológicas de tres productos cárnicos. Zamorano, Honduras.
- 131 Beriain, M.J.; Gómez, I.; Petri, E.; Insausti, K.; Sarriés, M.V. (2011). The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages. *Meat Science*, 88, 189-197.
- 132 Zanardi, E.; Ghidini, S.; Conter, M.; Ianieri, A.2010. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. *Meat Science*, 86,742-747.
- 133 Gimeno, O.; Astiasarán, I.; Bello, J.; 1998. A mixture of potassium, magnesium, and calcium chlorides as a partial replacement of sodium chloride in dry fermented sausages. *Journal Agri. Food Chem.*, 46,4372-4375.
- 134 Aliño, M., Grau, R., Toldrá, F., Blesa, E., Pagán, M. J., & Barat, J. M. (2010). Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium. *Meat Science*, 85, 580–588.
- 135 Aliño, M., Grau, R., Baigts, D., Barat, J.M., 2009b. Influence of sodium replacement on pork loin salting kinetic. *Journal of Food Engineering* 95 (4), 551–557.
- 136 Watts B.M., Ylimaki G.L., Jeffery L.E., Elías L.G. (1992) Métodos sensoriales básicos para el análisis de alimentos. Ottawa, Canadá.
- 137 Espinosa Manfugas J. (2007) Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Universitaria. El Vedado, Ciudad de La Habana.
- 138 Cordero-Bueso G. A. (2013) Aplicación del Análisis Sensorial de los Alimentos en la Cocina y en la Industria Alimentaria. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.
- 139 Costell E. (2003) El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. Valencia, España.
- 140 Medina F., Alba N., González Ibarra G., Candelas Cadillo M. G., Del Río Olague F. (2007) Evaluación del Nivel de Agrado en Alimentos: un Ejercicio con salchichas Tipo Viena. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Mexico.

- 141 González Viñas M. A., García Ruiz A., Sánchez-Palomo Lorenzo E. (2008) Evaluación de la Opinión de los Consumidores sobre Distintos Alimentos Mediterráneos. Informe Final del Proyecto Departamento de Química Analítica y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Castilla (España)
- 142 Cheftel J.C., Cheftel H. (1980) Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos Vol. I. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- 143 Kinsella, (1982). Relationships between structure and functional properties of food protein. Institute of Food Science, Cornell University, New York, USA.
- 144 Arakawa T., Timasheff S. N. (1982) Preferential interactions of proteins with salts in concentrated solutions. *Biochemistry*, 21 (25), pp 6545–6552
- 145 Comaposada J., Arnau J., Garriga M, Gou P., Monfort J. M., Xargayó M., Freixanet L., Lagares J., Bernardo J., Corominas M. (2007) Secado rápido de productos cárnicos crudos curados. Tecnología Quick-Dry-Slice process (QDS process) Eurocarne N° 157.
- 146 Molina, I. y Toldrá, F. (1992). Detection of Proteolytic Activity in Microorganisms Isolated from Dry-cured Ham. *Journal of Food Science*, 57, (6), 1308-1310.
- 147 Toldrá, F., Miralles, M.C. y Flores, J. (1992). Protein extractibility in drycured ham. *Food Chemistry*, 44, 391-399.
- 148 Hames, B.D. (1981) Gel Electrophoresis of Proteins: A practical approach. Hames, B.D. and Rckwood, eds. 14-17.
- 149 Cultek (2006) Protocolos y técnicas. Soluciones Electroforesis. (<http://www.cultek.com>).
- 150 Torres Vargas O. L., (2013) Estudio de la Viabilidad de la Medida de las Propiedades Dieléctricas de la Carne Salada mediante un Equipo Electrónico. Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad de Quindío, Colombia.
- 151 Ibañez, C.; Quitanilla, C.; Irigoyen, A.; Cid, C.; Astiasarán, I.; Bello, J. (1996). Dry fermented sausages elaborated with *Lactobacillus plantarum*- *Staphylococcus carnosus*. Part I: Effect of partial replacement of NaCl with KCl on the stability and the nitrosation process. *Meat Science*, 44, 227-234.
- 152 De Wit, J.S., y Rombout, F.M. 1990. Antimicrobial activity of sodium lactate. *Food Microbiology*. p. 113-120.
- 153 Rodríguez, J. 2005. El uso de lactatos en el control de productos cárnicos. Disponible en: <http://www.adiveter.com/ftp/articles/articulo1903.pdf>
- 154 Frontela C., López G., Ros G., Martínez C. (2006). Relación entre los parámetros sensoriales, fisicoquímicos e instrumentales en el jamón cocido. *Anales de veterinaria de Murcia*, 22: 67-78.
- 155 Hernández Cazares A. S. (2010) Tesis doctoral: Control de calidad y seguridad de la carne y productos cárnicos curados mediante el uso de sensores enzimáticos INSTITUTO DE AGROQUIMICA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (IATA) Valencia, España.
- 156 Muriel E. (2003). *Estudio comparativo de parámetros físicoquímicos y sensoriales de Lomo Ibérico*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- 157 Morcuende, D. (2005). *Evaluación tecnológica de la carne de cerdo Duroc y sus cruces con el cerdo Ibérico destinada a la producción de carne fresca y su transformación en productos cárnicos curados*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- 158 Ventanas, J. y Cava, R. (2001). Dinámica y control del proceso de secado del jamón Ibérico en secaderos y bodegas naturales y en cámaras climatizadas. En J. Ventanas (Ed.), *Tecnología del jamón Ibérico* (255-292). Madrid: Mundi Prensa.

- ¹⁵⁹ Vestergaard, C.S., Schivazappa, C., Virgili, R. (2000). Lipolysis in dry-cured ham maturation. *Meat Science*, 55, 1-5.
- ¹⁶⁰ Jurado, A., García, C., Timón, M. y Carrapiso, A. (2007). Effect of ripening time and rearing system on amino-acid related flavor compounds of Iberian ham. *Meat Science*, 75, 585-594.
- ¹⁶¹ Cava, R., Ruíz, J., Ventanas, J. y Antequera, T. (1999). Oxidative and lipolytic changes during ripening of Iberian hams as affected by feeding regime: extensive feeding and alpha-tocopheryl acetate supplementation. *Meat Science*, 52, 165-172.
- ¹⁶² Bampi M., Domschke N. N., Schmidt F. C., Laurindo J.B. (2016). Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. *LWT - Food Science and Technology* 74: 26-33.
- ¹⁶³ Cerrutti, P., Terebiznik, M.R., de Huerdo, M.S., Jagus, R. y Pilosof, A.M.R. (2001). Combined effect of water activity and pH on inhibition of *Escherichia coli* by nisin. *Journal of Food Protection*, 64, pp: 1510-1514.
- ¹⁶⁴ Bozariis, I.S., Skandamis, P.N., Anastasiadi, M. y Nychas, G.J.E. (2007). Effect of NaCl and KCl on fate and growth/no growth interfaces of *Listeria monocytogenes* Schott A at different pH and nisin concentrations. *Journal of Applied Microbiology*, 102, pp: 796-805.
- ¹⁶⁵ Bidlas, E. y Lambert, R.J.W. (2008). Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/ sodium replacement. *International Journal of Food Microbiology*, 124, pp: 98-102.
- ¹⁶⁶ Ruíz, J., García, C., Muriel, E., Andrés, A.I. y Ventanas, J. (2002). Influence of sensory characteristics on the acceptability of dry-cured ham. *Meat Science*, 61, 347-354.
- ¹⁶⁷ Briz, J., De Felipe, I., Gómez, S., Gutiérrez, E. (2004). Planteamiento del análisis sensorial. En J. Briz y R. García (Ed.), *Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos*. (2ª ed.) (pp. 17-53). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ¹⁶⁸ Torres V. O. L., Hernández O. J., Sánchez A. L. T. (2012). Evaluación de los cambios fisicoquímicos producidos por la composición de sal en la formulación de jamón cocido. *Vitae*, 19: S400-S402.
- ¹⁶⁹ Barbieri G., Barbieri Ge, Bergamaschi M., Francheschini M., Berizi E. (2016). Reduction of NaCl in cooked ham by modification of the cooking process and addition of seaweed extract (*Palmaria palmata*). *LWT - Food Science and Technology*, 73: 700-706.
- ¹⁷⁰ Kameník J., Saláková A., Vyskocilová V., Pechová A., Jarustiakov D. (2017). Salt, sodium chloride or sodium? Content and relationship with chemical, instrumental and sensory attributes in cooked meat products. *Meat Science*, 131: 196–202.

ANEXOS

ANEXO I A

Forma de empleo del nitrito

Como el nitrito es tóxico en dosis elevadas (dosis letal en el orden de los 5 g), en general se evita su uso en forma pura, y se añade a los productos cárnicos diluido en sal. En Europa, es común que la sal usada en la industria cárnica contenga 0,5-0,6 % de nitrito de sodio. Como a los productos se les añade alrededor de 1,5-2,0 % de sal, esto representa una adición simultánea de entre 75 y 100 ppm de nitrito.

En algunos países la forma usual de utilización de nitrito es también como mezcla con sal, llamada «sal de cura», con un contenido de nitrito de 8,0-8,5 %. La sal de cura se emplea en los embutidos a un nivel aproximado de 0,1-0,25 %, con lo que se logra un nivel de adición de nitrito de entre 80 y 200 ppm.

Efecto del nitrato y nitrito sobre la seguridad abiótica

Los compuestos N-nitroso (NOC) o compuestos nitro-derivados son agentes teratogénicos, mutagénicos y carcinógenos. Se producen como resultado de la interacción de un agente nitrosante con un compuesto susceptible de sufrir dicha nitrosación. Los NOC se dividen en dos clases según la estructura química que presenten: las nitrosaminas (NAs), que son derivan de aminas, y las nitrosamidas, que resultan de la sustitución de ureas, amidas, carbamatos, guanidinas y compuestos similares.

Las nitrosaminas constituyen el grupo más relevante de los NOC como sustancias carcinogénicas. Se forman por la reacción de compuestos derivados de los nitritos, fundamentalmente con aminas secundarias. Debido a la existencia de aminas en los alimentos, y la adición de nitritos y nitratos durante su elaboración, esta reacción es común en muchos alimentos, como en los productos cárnicos curados. Se ha comprobado que algunos aminoácidos que presentan el carácter de amina secundaria como la prolina, hidroxiprolina o sarcosina, pueden formar nitrosaminas con cierta facilidad. La glicina es el precursor de la N-nitrosodimetilamina y la alanina es el precursor más característico de la N-nitrosodietilamina. Otra nitrosamina como la Nnitrososarcosina tiene como precursor a la creatinina que es uno de los componentes de la carne. La prolina y la ornitina, originadas a partir de las proteínas del tejido conectivo, actúan como precursores nitrosables de la Nnitrosopirrolidina.

Las aminas pueden también derivar de la adición de algunas especias, como es el caso de la piperidina, o incluso pueden provenir de los materiales empleados para el embalaje de dichos productos. Además, los tratamientos térmicos potencian la formación de nitrosaminas a partir de dichos precursores según el tiempo y temperatura de cocción utilizados.

Efecto del nitrato y nitrito sobre compuestos nutricionales y estabilidad oxidativa

Además de las reacciones que se han indicado anteriormente, el óxido nítrico puede unirse al hierro de distintas hemoproteínas, como la guanilato ciclasa, los citocromos y la hemoglobina, reaccionar con el centro activo de la enzima alcohol deshidrogenasa y, posiblemente, con diferentes metaloproteínas biológicamente activas.

El contenido de vitamina B₂ y el de la mayoría de aminoácidos libres no se ve afectado. Asimismo, al adicionar nitrificantes se aumenta la actividad del enzima superóxido dismutasa (SOD) y no se afecta la actividad de otras enzimas antioxidantes

como son la glutatión peroxidasa (GSHPx) y la catalasa (CAT) ni el índice de TBARs inducidos.

En embutidos crudos-curados las concentraciones de vitaminas del grupo B no se modificaron por las distintas cantidades de nitrificantes añadidos, pero si se pudo observar que el nivel de vitamina B₆ disminuía en comparación con los productos elaborados sin nitrificantes.

Heterogeneidad en el contenido residual de nitrificantes

En la mayoría de los productos cárnicos existe una regulación de la cantidad añadida de nitratos y/o nitritos, por lo que las diferencias entre piezas se pueden minimizar si se efectúa una buena homogeneización de la mezcla de curado en el amasado. Para ello es conveniente diluir las sales de curado en agua o en sal común.

El nitrito añadido en el presalado disminuye durante el salado y primeras semanas de reposo. A pH bajo, la reacción de transformación del nitrito a óxido nítrico se produce de forma más rápida, lo cual hace que se necesite mayor cantidad de nitrito añadido para lograr un color homogéneo al corte y evitar los halos de nitrificación. En los procesos en los que se añaden nitratos, la concentración de nitrito aumenta durante el periodo de reposo e inicio del secado, especialmente en las zonas superficiales. El momento en que se inicia la transformación del nitrato a nitrito depende del pH de la carne y de la microbiota nitrato reductasa, cuyo crecimiento está influido por la temperatura. La cantidad de nitrito residual es muy baja (normalmente <10 mg/kg) tanto si se ha añadido como nitrito sódico como si se ha reducido a partir de nitrato.

La absorción de sales nitrificantes se efectúa principalmente por la parte magra, pero debe asegurarse que se produce también absorción a través de los huesos externos, corteza y grasa subcutánea. El óxido nítrico que se genera por acción de sustancias reductoras de la carne puede atravesar la corteza y la grasa, y contribuye a la nitrificación del producto y de otros situados en la misma pila.

En las mezclas de sales que contienen nitrito sódico, si éste está húmedo, tiende a depositarse en el fondo del recipiente, por lo que conviene mezclarlo de nuevo antes de usarlo. Por otra parte, el nitrito es inestable en presencia de agentes reductores y materiales orgánicos; por tanto, no debe premezclarse con sustancias reductoras o especias.

La reducción de la cantidad de nitratos y nitritos añadidos del 25 y 50 % respecto al máximo permitido en embutidos crudos-curados no afecta de forma importante al flavor y a la textura, pero puede facilitar el crecimiento de microorganismos alterantes y patógenos, lo cual plantea la necesidad de establecer modificaciones tecnológicas para garantizar su seguridad. Desde el punto de vista nutricional, la única consecuencia relevante observada de la adición de nitrificantes en embutidos crudos-curados fue la disminución del contenido de vitamina B₆⁴⁵.

ANEXO II A

HOJA DE RESPUESTA ANÁLISIS SENSORIAL PRODUCTO CÁRNICO SALADO

Fecha _____ Hora _____

Edad _____ Sexo: Masculino Femenino

Escolaridad: Primaria Secundaria Terciaria Superior

Instrucciones:

Observe y/o pruebe cada una de las muestras de producto, comenzando de izquierda a derecha, en el mismo orden que aparecen en las tablas a continuación. Indique con una "X" la casilla que sea de su agrado.

ASPECTO-APARIENCIA

		5050	4060	1000	6535
1	Me disgusta mucho				
2	Me disgusta bastante				
3	Me disgusta levemente				
4	Indiferente				
5	Me gusta levemente				
6	Me gusta bastante				
7	Me gusta mucho				

Comentarios.....

COLOR

		5050	4060	1000	6535
	Me disgusta mucho				
	Me disgusta bastante				
	Me disgusta levemente				
	Indiferente				
	Me gusta levemente				
	Me gusta bastante				
	Me gusta mucho				

Comentarios.....

AROMA

		5050	4060	1000	6535
	Me disgusta mucho				
	Me disgusta bastante				
	Me disgusta levemente				
	Indiferente				
	Me gusta levemente				
	Me gusta bastante				
	Me gusta mucho				

Comentarios.....

SABOR

		5050	4060	1000	6535
	Me disgusta mucho				
	Me disgusta bastante				
	Me disgusta levemente				
	Indiferente				
	Me gusta levemente				
	Me gusta bastante				
	Me gusta mucho				

Comentarios.....

ACEPTABILIDAD GENERAL

De las cuatro muestras cuál es su favorita? _____

De las cuatro muestras cuál rechazó totalmente? _____

Gracias por su participación!

ANEXO II B

Análisis Sensorial de Producto Cárnico Seco Salado

La evaluación sensorial se encuentra definida de varias maneras, pero se puede generalizar diciendo que se trata de una disciplina mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas de determinado producto a través de uno o más de los sentidos: vista, gusto, olfato, tacto y oído. Así se conoce la opinión del consumidor sobre dicho alimento, su aceptación o rechazo, su nivel de agrado, criterios que se tienen en cuenta para su formulación y desarrollo.

Existen diferentes pruebas para realizar un análisis sensorial. Las que se llevarán a cabo en este estudio se denominan **Pruebas Afectivas**, también son llamadas estudios de consumidores. Son aquellas pruebas en las cuales los jueces integrantes del panel expresan su opinión personal y subjetiva sobre un producto, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto.

El producto a analizar es un producto cárnico elaborado a partir de lomo de cerdo, el mismo fue sometido a un proceso de salado y luego fue madurado y secado.



Lomos en etapa de secado



Imágenes de producto terminado

A cada miembro del panel se le proporcionarán 4 muestras de producto en forma de rebanadas de aproximadamente 5 mm de espesor colocadas en un plato plástico blanco, codificadas (con números), como se muestra en la imagen a continuación (realizado en este caso con tomates como ejemplo).



Ejemplo de muestras codificadas para un análisis sensorial

Los atributos que se deberán evaluar de cada muestra son: aspecto, color, aroma, sabor y aceptabilidad. Se le proporciona a cada miembro del panel un formulario con instrucciones (denominado Hoja de respuestas) en donde cada atributo contará con una escala estructurada, en donde el juez se determina el nivel de agrado de cada una de las muestras ofrecidas. Ver modelo de Hoja de Respuesta en la última página.

Al final de la Hoja de respuestas se pide que indique cuál de todas las muestras es su favorita y cuál de ellas rechaza totalmente.