

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Proyecto final de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para
optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**Efecto de la concentración de sal y distintas proporciones de carne de
res y cerdo sobre la percepción del sabor salado, textura, color y
estabilidad de la emulsión en salchichón.**

Elaborado por:

Vivian Carolina Calvo Mejía

Carné: B11285

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Julio, 2019

TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por:

Vivian Carolina Calvo Mejía

Aprobado por:



PhD. Jessie Usaga Barrientos
Presidente del tribunal



MAG. Yorleny Araya Quesada
Directora del proyecto



Ph.D. Elba Cubero
Asesora del proyecto



M.Sc. Adriana Araya Morice
Asesora del proyecto



Lic. Ana María Quirós Blanco
Profesor designado

DEDICATORIA

*A Dios por darme fuerzas en todo momento y mostrarme
su amor en los momentos más difíciles.*

*A mis padres, hermanas y hermano, porque de diferentes
formas me apoyaron durante este largo camino.*

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.” Filipenses 4:13.

AGRADECIMIENTOS

Porque sin Él este recorrido no hubiera sido posible, le agradezco a Dios por siempre ser una luz en mi camino.

Mi familia fue un pilar sumamente importante en todo este proceso, sin su ayuda no lo habría logrado. Mami y papi, por su apoyo incondicional, sin importar dejar sus necesidades de lado por suplir las mías. Me siento completamente orgullosa de ser su hija.

A Tati que siempre me apoyó y estuvo a mi lado, desde que vivíamos juntas en aquel pequeño apartamento, hasta el final del recorrido, separadas por la distancia, pero siempre juntas y presente en los momentos más difíciles. Gracias por todo mi querida hermana.

A mis hermanas Jeni, Maylin y Nataly y a mi hermano Alberto por soportar mi estrés en los finales del semestre.

Agradezco a Dios por permitirme conocer a las Chicas: Esther, Fio, Meguis, Caro y Steph; sin ustedes este proceso no habría sido igual, gracias por todas las estudiadas, saliditas y las conversaciones.

A Fio le agradezco especialmente por su ayuda en planta junto con Camachito y Alonso, cuando parecía que no lo iba a lograr, ella siempre estuvo positiva y tratando de ver el mejor lado de las cosas. A Ronald, Steph y los asistentes del laboratorio de análisis sensorial, muchas gracias por su ayuda.

A Fabián, porque su ejemplo me ayudó a entender que con paciencia y esfuerzo todo se puede lograr.

A Yorleny que siempre estuvo pendiente de mi avance con la tesis, profe sin sus regañadas no lo hubiera logrado. Le agradezco enormemente por su dedicación, apoyo y guía. A las profesoras Elba y Adriana, con su conocimiento y asesoría fue posible lograr este proyecto.

Agradezco a los demás profesores que estuvieron en este recorrido y aportaron a mi formación como profesional y a las demás personas que de una u otra forma brindaron su granito de arena.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

TRIBUNAL EXAMINADOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
Contenido	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
1. JUSTIFICACIÓN	1
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. MARCO TEÓRICO.....	8
3.2 Ingredientes principales utilizados en la elaboración de embutidos	11
3.2.1 Ingredientes cárnicos.....	11
3.2.2 Ingredientes no cárnicos.....	14
3.3 Textura	19
3.4. Color	22
3.5. Estabilidad de la emulsión	25
3.6. Análisis sensorial en los alimentos	26
3.6.1. Pruebas de discriminación.....	26
3.6.2. Pruebas de consumidores: agrado	27

4.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1.	Localización del proyecto	29
4.2.	Materia prima.....	29
4.3.	Formulaciones.....	30
4.4.	Descripción del proceso de elaboración de salchichón	31
4.4.1.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichón	31
4.4.2.	Descripción de las etapas del proceso de elaboración de salchichón.....	33
4.5	Comparación del efecto de distintas proporciones de carne de res y cerdo y el contenido de sal sobre el sabor salado de salchichón.	34
4.6	Evaluación del efecto de las distintas proporciones de carne de res y cerdo y la reducción de sal, sobre la textura, color y estabilidad de la emulsión.	35
4.7	Métodos de análisis	35
4.7.1.	Prueba de discriminación	35
4.7.2.	Prueba de agrado	37
4.7.3.	Prueba de corte.....	37
4.7.4.	Análisis de perfil de textura	37
4.7.5.	Prueba de color.....	38
4.7.6.	Prueba de estabilidad de la emulsión	38
4.7.7.	Análisis químico.....	39
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
5.1.	Comparación del efecto de distintas proporciones de carne de res y cerdo y el contenido de sal, sobre el sabor salado de salchichón reducido en sal y regular.....	40
5.2.	Evaluación del efecto de las distintas proporciones de carne de res y cerdo y la reducción de sal, sobre la textura, color y estabilidad de la emulsión.	48
6.	CONCLUSIONES	57

7.	RECOMENDACIONES	59
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
8.1.	Referencias bibliográficas citadas	60
8.2	Referencias bibliográficas consultadas	69
9.	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de solubilidad para proteínas musculares en función de condiciones ambientales de a)pH, b) fuerza iónica y c) temperatura.	10
Figura 2. Gráfica general del análisis del perfil de textura (TPA).....	21
Figura 3. Espacio del color en la escala CIE L*a*b* y sus coordenadas cilíndricas C y h° (Ramírez, 2004).	24
Figura 4. Flujo de proceso para la elaboración de salchichón.	32
Figura 5. Escala hedónica lineal para del agrado general de salchichón.	37
Figura 6. Comparación de medias de las calificaciones brindadas por los panelistas en la evaluación de agrado general, realizada para los diferentes tratamientos de salchichón y una marca comercial.	46
Figura 7. Promedios de estabilidad de la emulsión para los tratamientos según el contenido de sal.	55
Figura 8. Dendograma generado del análisis de conglomerados realizado a la prueba de agrado general por parte de los consumidores para los diferentes tratamientos de salchichón y un salchichón comercial.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Composición química establecida para el salchichón.	9
Cuadro II. Contenido de glutamato libre y 5'-nucleótidos (IMP, GMP, AMP), en carne de res, cerdo y pollo.	13
Cuadro III. Parámetros medidos por un análisis de perfil de textura (TPA) y su relación con características sensoriales.	22
Cuadro IV. Materias primas a utilizar en la elaboración de los diferentes tipos de salchichón.	29
Cuadro V. Formulaciones para la elaboración del salchichón de cada tratamiento.	30
Cuadro VI. Presentación de las muestras servidas en las pruebas 2-AFC.	34
Cuadro VII. Métodos de análisis utilizados para determinar la composición química de los diferentes tratamientos de salchichón.	39
Cuadro VIII. Aciertos, cantidad mínima de aciertos, probabilidad asociada y valor d' para la prueba de discriminación 2-AFC realizada en salchichón con contenido regular de sal (2,05%) y reducido (1,60%), con un nivel de confianza del 95 %.	40
Cuadro IX. Aciertos, cantidad mínima para significancia, probabilidad asociada y valor d' para la prueba de discriminación 2-AFC realizada en salchichón con contenido regular de sal (2,05 %) y diferentes proporciones de carne de res y cerdo.	43
Cuadro X. Aciertos, cantidad mínima para significancia, probabilidad asociada y valor d' para la prueba de discriminación 2-AFC realizada en salchichón con contenido reducido de sal (1,60 %) y diferentes proporciones de carne de res y cerdo.	44
Cuadro XI. Probabilidad asociada al análisis de varianza para del ensayo de dureza elaborado mediante la prueba de corte, empleando una cuchilla Warner-Bratzler.	48
Cuadro XII. Probabilidad asociada del análisis de varianza para el ensayo de perfil de textura (TPA), con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$	49
Cuadro XIII. Comparación de medias con la prueba de Tukey para el parámetro de dureza obtenido mediante TPA según el efecto de la proporción de carne de res y cerdo, con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$	50
Cuadro XIV. Promedios de dureza obtenidos mediante el ensayo TPA para los tratamientos con bajo y alto contenido de sal.	50

Cuadro XV. Probabilidades asociadas al análisis de varianza para la prueba de color, expresado en las variables luminosidad (L*), cromaticidad (C), ángulo de la tonalidad (h°) y rango de promedios según efecto.....	53
Cuadro XVI. Probabilidades asociadas al análisis de varianza de la prueba de estabilidad de la emulsión.	54
Cuadro XVII. Resultados del análisis proximal realizado para las muestras de salchichón de la repetición 1 y 2, elaborado en el Laboratorio de química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.	71
Cuadro XVIII. Análisis de varianza para el análisis proximal realizado a las muestras de salchichón de las repeticiones 1 y 2, con un nivel de significancia $\alpha=0,05$	71
Cuadro XIX. Valores obtenidos en la prueba de agrado con 112 consumidores, para los salchichones elaborados y un producto comercial, recolectados mediante el programa Fizz.	72
Cuadro XX. Datos de dureza obtenidos de la prueba de corte Warner-Bratzler de las muestras de salchichón elaboradas.	76
Cuadro XXI. Datos obtenidos de los parámetros de perfil de textura (TPA) para el salchichón elaborado.....	77
Cuadro XXII. Datos obtenidos de los parámetros medidos para la determinación del color de los salchichones elaborados.	79
Cuadro XXIII. Datos obtenidos de la prueba de estabilidad de la emulsión correspondientes a los salchichones elaborados.	80

ABREVIATURAS

2-AFC: 2-escogencia forzada alternativa

a*: parámetro de medición de color de a*+(rojo), a*-(verde)

AMP: adenosina monofosfato

b*: parámetro de medición del color b*+ (amarillo), b*-(azul)

C: cromaticidad

CACIA: Cámara Costarricense de Industria Alimentaria

CDM: carne de pollo deshuesada mecánicamente

CRA: capacidad de retención de agua

d': índice que describe el grado de diferencia entre dos productos

DFD: oscura, firme y seca

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GAM: Gran Área Metropolitana

GMP: guanosina monofosfato

GMS: glutamato monosódico

h°: parámetro de color (hue), ángulo de tonalidad

H₂O: agua

HNO₂: ácido nitroso

HNO₃: ácido nítrico

HTA: hipertensión arterial

IMP: inosina monofosfato

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

JND: diferencia apenas perceptible

L: parámetro de color luminosidad

Na: sodio

NaCl: cloruro de sodio

NaNO₂: nitrito de sodio

NO: óxido de nitrógeno

OMS: Organización Mundial de la Salud

PSE: pálida, suave y exudativa

TPA: análisis de perfil de textura

RESUMEN

Calvo Mejía, Vivian

Efecto del contenido de sal y distintas proporciones de carne de res y cerdo sobre la percepción del sabor salado, textura, color y estabilidad de la emulsión en salchichón.

Tesis en Ingeniería de Alimentos, San José, CR;

V. Calvo M., 2019

77 pág.: 8 il. - 97 ref..

Esta investigación evaluó el efecto de la reducción de sodio, proveniente del cloruro de sodio, a dos concentraciones alta y baja sal (2,05 % y 1,60 %) y las proporciones de carne de res y cerdo a tres niveles; medio/medio (12 % res y cerdo), bajo/alto (4 % res/20% cerdo) y alto/bajo (20 % res/4 % cerdo) sobre la percepción de sabor salado, estabilidad de la emulsión, textura y color en salchichón.

Se elaboraron seis formulaciones de salchichón, con variaciones en carne de res (R) y cerdo (C): 12R12C/Alta sal, 4R20C/Alta sal, 20R4C/Alta sal, 12R12C/ Baja sal, 4R20C/Baja sal, 20R4C/Baja sal. Se evaluó el efecto de la disminución de sal y de las diferentes proporciones de carne de res y cerdo sobre la percepción del sabor salado mediante una prueba 2-AFC y agrado general empleando una muestra comercial como referencia para el agrado, análisis de perfil de textura (TPA), prueba de corte Warner-Bratzler, estabilidad de la emulsión de la pasta cárnica y color.

Se encontraron diferencias significativas en la percepción del sabor salado al comparar los tratamientos con alto y bajo contenido de sal ($p < 0,001$). Variaciones en las proporciones de carne res y cerdo no generaron diferencias significativas ($p \geq 0,856$) al evaluar la percepción de sabor salado en muestras con el mismo contenido de sal. No se observó diferencia en el agrado general de los embutidos entre los diferentes contenidos de sal ($p > 0,05$) se notó sólo

una tendencia a escoger las muestras con menor contenido de sal y mayor proporción de carne de res.

Mediante la prueba Warner-Bratzler no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la dureza, por el contrario en el TPA la dureza fue mayor en las muestras con más carne de res y sal. Por su parte, la gomosidad y cohesividad presentaron diferencias ($p \leq 0,05$) debidas a la proporción de carne y la elasticidad, adhesividad y masticabilidad no mostraron diferencias ($p > 0,05$).

En la prueba de color, no se obtienen diferencias significativas ($p > 0,05$) en las variables L y h° . La variable C mostró valores más altos cuando el contenido de sal fue mayor.

El contenido de sal causó diferencias en la estabilidad de la emulsión, se obtuvieron emulsiones más estables cuando el contenido de sal fue bajo ($p = 0,06$), debido al acomodo del gel en filamentos largos que brindan estabilidad.

Reducción de sal, embutido, prueba de discriminación

Yorleny Araya Quesada

Escuela de Tecnología de Alimentos

1. JUSTIFICACIÓN

El consumo excesivo de sodio y cloruro de sodio se relaciona con el padecimiento de enfermedades del sistema circulatorio (Valdés, 2009). Se ha determinado que niveles altos de sal en las dietas propician hipertensión arterial (HTA). La HTA es el principal riesgo de las enfermedades cardiovasculares que presentan un alto índice de mortalidad a nivel mundial y, además, se posicionan en segundo lugar en discapacidad por enfermedad cardíaca, accidente cerebral e insuficiencia renal (Ministerio de Salud, 2011)

En Costa Rica, desde 1970 las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de muerte, 33 % de los casos en hombres y en mujeres mayores de 30 años (Ministerio de Salud, 2011). El panorama no ha mejorado con el tiempo, ya que una encuesta realizada a personas mayores de 20 años en el 2010, indica que la prevalencia de hipertensión fue 37,8 %, de los cuales 31,5 % de los casos estaban diagnosticados y 6,3 % no (Ministerio de Salud, 2014).

En el 2001, la ingesta nacional promedio de sal doméstica en los hogares de Costa Rica se estimó en 7,1 g/ persona/ día (Ministerio de Salud, 2011). En el 2013, la ingesta estimada en nuestro país, por persona, fue de 4,61 g/persona/día de sal doméstica (Blanco-Metzler *et al.*, 2012). Dichas ingestas superan el valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el cual corresponde a 5 g de sal provenientes de todas las fuentes, lo que equivale a 2 g de sodio/persona/día (Ministerio de Salud, 2011; Organización Panamericana de la Salud, 2010). Lo anterior muestra que el consumo de sodio en Costa Rica supera la recomendación mundial.

Asimismo, la ingesta nacional de sal común no brinda información respecto al consumo de sodio total proveniente de alimentos procesados, el cual aún se desconoce. Esto dificulta la adopción de políticas y medidas para reducir el consumo de sodio y sal (Blanco-Metzler *et al.*, 2012). Debido a la creciente preocupación hacia las consecuencias del consumo excesivo de sal/sodio Costa Rica se unió a los esfuerzos de la OMS y FAO mediante el Plan

Nacional de Reducción de Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021 para reducir su consumo excesivo en la población costarricense. Dicho plan propone la reformulación de alimentos procesados y comidas preparadas, en coordinación con la industria alimentaria y servicios de alimentación, concientización del consumidor, campañas educativas y, una etapa final de monitoreo para evaluar las acciones dirigidas a reducir el consumo de sal (Ministerio de Salud, 2011).

Además, en el 2012, se realizó un foro de discusión entre las instituciones públicas y privadas con el fin de generar un marco de cooperación y diálogo, representadas por la Cámara Costarricense de Industria Alimentaria (CACIA). En dicha ocasión se analizaron las tendencias mundiales y los desafíos nacionales relacionados con la salud y la nutrición. También se llevó a cabo la presentación del plan de estilos saludables; en el cual la industria alimentaria en conjunto con otros actores sociales se comprometen a desarrollar una estrategia para combatir la obesidad y otras enfermedades no transmisibles que afectan a los costarricenses (Blanco-Metzler *et al.*, 2015; Ministerio de Salud, 2011).

Dentro de los alimentos que requieren una disminución del contenido de sodio, se encuentran los productos cárnicos, pues se ha determinado que son el tercer alimento con mayor aporte de sodio en la dieta de los costarricenses. Esto sucede debido a que los productos cárnicos procesados requieren del uso de aditivos que contienen sodio, ya que poseen funciones tecnológicas específicas para su elaboración y vida útil del producto (Ministerio de Salud, 2003). El consumo de embutidos a nivel nacional se ha diversificado y los más consumidos son: mortadela, salchicha, salchichón, paté, chorizo y jamones. Sin embargo, en un estudio realizado a consumidores del Gran Área Metropolitana (GAM) y San Carlos, se determinó que el jamón y el salchichón son los más gustados (Araya *et al.*, 2014).

Asimismo, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2013) en la “Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos por Hogares”, encontró en el rubro de embutidos, una mayor cantidad de hogares que consumen salchichón, así como un mayor gasto por año. Considerando que la cantidad de hogares y el gasto se asocia con el consumo del producto, se determina oportuno promover iniciativas para reducir su contenido de sodio. Debido a esto, y al compromiso adquirido por las industrias nacionales, es que el sector cárnico se ha

comprometido a realizar una reducción de sodio, paralela al Plan Nacional de Reducción de Consumo de Sodio y Sal en la Población 2011-2021, donde se propone disminuir 15 % de sodio en los productos procesados (Fernández, 2014).

Como parte de los esfuerzos para lograr la reducción en el consumo de sal, en la Universidad de Costa Rica se han realizado investigaciones para determinar la reacción de los consumidores ante la disminución del contenido de sal en embutidos. La investigación realizada en la reducción de sal en salchichón, emplea el método de umbral de estímulo constante, con el cual Hernández-Campos (2017) determinó la diferencia apenas perceptible o *Just Noticeable Difference* (JND por sus siglas en inglés) con lo que logró una reducción de sal de 20 %, lo cual corresponde a un 16,69 % de sodio. El uso del JND implica que los panelistas apenas percibieran la diferencia (en forma muy débil) al disminuir dicha cantidad de sal, además se superó el nivel de 15 % planteado por la industria cárnica (Vindas, 2016). Con esta metodología se logró hacer una reducción de sal en salchichón de 2,05 % a 1,58 %, sin que los consumidores perciban la diferencia en el sabor salado, tanto en salchichón tipo regular, como en otro reducido en grasa (Hernández-Campos, 2017).

Como se indicó anteriormente, en la investigación realizada por Hernández-Campos (2017), solo tomó en cuenta una formulación de salchichón con alto contenido cárnico de res y cerdo; sin embargo, los embutidos extendidos, es decir, con mayor contenido de rellenos, podrían comportarse diferente. También, la proporción de carne de res y cerdo con adición de carne de pollo y emulsión de pellejo en salchichón, podría afectar la reducción de sal. Shahidi (1994) reporta que la carne de res posee mayor intensidad en el sabor umami, seguido de la carne de cerdo y, por último, la de pollo. Sin embargo, al adicionar potenciadores del sabor glutamato monosódico (GMS), inosina monofosfato (IMP) y guanosina monofosfato (GMP), se determinó que el sabor umami en el pollo se puede ampliar más que en las demás carnes. Se debe considerar lo que menciona Sugita (2002), quien indica que la carne de cerdo posee mayor proporción de IMP y GMP que el pollo, pero contenido medio de adenosina monofosfato (AMP); mientras la carne de res sólo presenta IMP y AMP y su contenido es inferior al de la carne de cerdo, por lo que la funcionalidad y el comportamiento de los

mecanismos de interacción de los compuestos del sabor umami y las proteínas de la carne, varían según la fuente de su proveniencia (Shahidi, 1994).

La proteína posee gran importancia en la fabricación de productos cárnicos procesados, pues ésta cumple tres funciones importantes en el alimento: la emulsificación de la grasa, retención de agua y la mejora de la textura característica de estos productos (Dzudie *et al.*, 2002). En la industria cárnica se emplean diferentes tipos de fuentes de proteína; inicialmente se empleó la carne como fuente principal; sin embargo, en la actualidad la industria busca alternativas que permitan sustituir la carne, pues es una materia prima de mayor costo económico y se asocia en algunos casos a productos con mayor contenido de grasa (Soltanizadeh & Ghiasi-Esfahani, 2015). Las fuentes de proteína empleadas son diversas, por ejemplo: vegetales, leguminosas, plasma sanguíneo, suero lácteo en polvo, emulsión de piel de cerdo o de pellejo, entre otros. Estos ingredientes conocidos como extensores, se agregan a las mezclas cárnicas con el fin de reducir el costo económico del producto, sin afectar su calidad por el efecto de la disminución en el contenido de carne. A los productos cárnicos que reducen el contenido de carne con extensores se les conoce como embutidos extendidos (Asgar *et al.*, 2010; Dos Santos-Alves *et al.*, 2016; Choe *et al.*, 2013).

Al trabajar con embutidos reducidos en sal, se debe tomar en cuenta que ésta presenta función tecnológica en estos alimentos. La sal extrae las proteínas para mejorar la hidratación y la capacidad de ligar agua, disminuye la pérdida de fluidos de productos que han sido procesados térmicamente y empacados al vacío e incrementa las propiedades de unión de agua y grasa de las proteínas. Lo anterior permite la formación de una textura de gel durante la cocción, esto aumenta la estabilidad de la pasta y posibilita la incorporación de grasa en una pasta estable (Yotsuyanagi *et al.*, 2016; Mohan, 2014).

Con el presente estudio, además de investigar el impacto en el sabor salado, se pretenden estudiar otros parámetros tecnológicos. En un estudio realizado en salchichas con y sin reducción de sal, se determinó que al afectar la retención de agua, los productos reducidos en sal presentaron menores valores en parámetros relacionados con la textura del alimento; como gomosidad, masticabilidad y dureza, los cuales tienen gran importancia en la textura de estos productos (Barat & Toldrá, 2011; Pacheco-Pérez *et al.*, 2012). Asimismo, en un

estudio realizado en mortadela tipo Polonia (Bologna) donde se analizaron diferentes características durante 180 días, se determinó que la dureza del producto se ve afectada por el contenido de sal, para esto realizaron una prueba de corte Warner-Bratzler y encontraron que desde el día 0 al 180, las muestras con baja concentración de sal (1,33 % NaCl), presentaron menor dureza, en comparación con el nivel más alto (1,84 %) y el control (2,50 %) y la disminución en la fuerza de corte fue más evidente en las mortadelas con baja concentración de sal (Cluff *et al.*, 2017).

Otra de las funciones tecnológicas que presenta la sal en los productos cárnicos, reside en el efecto bactericida que ejerce, pues extrae agua de las células de las bacterias, ocasionado por el efecto de la presión osmótica sobre las mismas, causando su muerte y además causa que disminuya el a_w del alimento, reduciendo de esta manera el crecimiento microbiano, por lo que afecta también la inocuidad del producto final (Yotsuyanagi *et al.*, 2016; Doyle & Glass, 2010). Un estudio realizado en mortadela tipo Polonia (Bologna), en el cual se trabajó con diferentes niveles de sal, se encontró que la reducción de sal no ejerce un efecto significativo en el recuento total aerobio mesófilo del producto, sin embargo, cuando ésta se elimina por completo sí hay una diferencia significativa en dicho análisis, aunque consideran que la presencia de fosfatos junto con bajos niveles de sal, evita el crecimiento de los microorganismos (Long *et al.*, 2011; Cluff *et al.*, 2017). A pesar de que los análisis microbiológicos resultan de gran importancia en experimentos con productos cárnicos reducidos en sal, el presente trabajo no contemplará dicha área, pero queda abierta la posibilidad de realizarlo en estudios futuros.

Hay estudios que demuestran la gran importancia de la característica de color en productos cárnicos. Aaslyng (2013) determinó que la disminución en el contenido de sodio en salami, aumenta la intensidad del color rojo. Asimismo, otros autores destacan la relevancia de estudiar este parámetro en productos cárnicos con reducción de sodio/sal, tal y como lo indican McCough *et al.* (2012) al estudiar el efecto de la reducción de sodio y el uso de un potenciador del sabor en salchichas. Tobin *et al.* (2012) realizaron dos estudios donde determinaron el impacto en el color, tanto en tortas de carne como en salchichas, cuando se presentan bajos niveles de grasa y reducción en el contenido de sal.

Además, la reducción en el contenido de carne puede afectar el color y su estabilidad en el producto final, ya que la formación del color rojo de los embutidos curados depende de la presencia de mioglobina, para la posterior formación del pigmento nitrosilhemocromo (Utrilla *et al.* 2014). Pietrasik (1999) estudió el efecto del contenido de carne y grasa sobre las características de textura y color de salchichas escaldadas; se encontró que la reducción de proteína cárnica provoca dilución de la mioglobina, por lo que disminuye el parámetro a^* , presentándose menor enrojecimiento en las salchichas.

Diferentes factores mencionados anteriormente como la importancia de la sal en los productos cárnicos procesados, la diferencia en el sabor umami para la carne de res y cerdo y la investigación realizada por Hernández-Campos (2017), donde solo se estudió un tipo de formulación de salchichón con alto contenido de carne, son las causas por las que en el presente proyecto se considera de relevancia para la industria cárnica nacional. Estudiar el efecto del contenido de sal y diferentes proporciones de carne de res y cerdo (empleando un contenido cárnico de lo más bajo permitido), en la percepción del sabor salado, textura, color y características físicas como estabilidad de la emulsión.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la reducción de sodio y las proporciones de carne de res y cerdo sobre la percepción de sabor salado, estabilidad de la emulsión, textura y color en salchichón.

2.2. Objetivos específicos

1. Comparar el efecto de distintas proporciones de carne de res y cerdo y el contenido de sal, sobre el sabor salado en un salchichón reducido en sal y en otro regular, mediante una prueba de discriminación (2-AFC), para la determinación del tipo de carne que potencia mejor el sabor salado durante la reducción de sodio.
2. Evaluar el efecto de las distintas proporciones de carne de res y cerdo y la reducción de sal, sobre la textura, el color y la estabilidad de la emulsión, para la identificación de posibles impactos a nivel de calidad y rendimiento.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades de los embutidos

Los productos cárnicos se definen como cualquier producto en el cual se haya utilizado carne de animales de abasto como ingrediente principal, por ejemplo carne de res, cerdo o pollo. Los productos cárnicos conllevan una serie de procesos, algunos requieren tanto de ingredientes cárnicos, como no cárnicos. Se pueden dividir de manera amplia en dos grupos: aquellos donde se emplea el músculo entero y aquellos que de alguna manera fueron reducidos de tamaño mediante un proceso de trituración, como la molienda (Maddock, 2012).

Los embutidos se encuentran en el segundo grupo mencionado, se empacan en fundas o tripas naturales y sintéticas; las naturales se obtienen del intestino delgado invertido de ovejas y cerdos; donde se someten a un proceso de lavado y se desnaturalizan después de la cocción del producto. Por su parte, las fundas sintéticas se elaboran a partir de colágeno comestible, celulosa o polímeros de plástico. El tipo de funda a escoger, se define de acuerdo a las características propias del producto que se elabora (Xiong y Mikel, 2001).

Según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCR 411-2008, los embutidos se clasifican en cocidos, precocidos y crudos. Los primeros corresponden a aquel producto donde se aplica un proceso de cocción adecuado (cualquiera que sea su elaboración), por el contrario, los embutidos crudos no han sido sometidos a dicho proceso. Mientras los embutidos precocidos, son aquellos que mediante una aplicación tecnológica térmica se modifica una o más de las características físicas del producto (MEIC-MAG, 2008).

Este mismo reglamento define el salchichón como un producto cocido, elaborado sobre la base de carne fresca o congelada, con agregado o no de carne cocida, de animales autorizados, con agregado de grasa comestible, perfectamente trituradas y mezcladas, emulsionado o no, elaborado con ingredientes de uso permitido e introducido en fundas autorizadas con un perímetro de 113 mm como mínimo y máximo de 160 mm, ahumado o no (MEIC-MAG, 2008).

Asimismo, el reglamento para productos cárnicos embutidos establece la composición para el salchichón, la cual se presenta a continuación en el Cuadro I.

Cuadro I. Composición química establecida para el salchichón.

Componente	Contenido (%)
Humedad	$\leq 75,0$
Grasa	$\leq 25,0$
Cenizas	$\leq 3,5$
Proteína ¹	$\geq 11,0$
Carbohidratos	$\leq 10,0$

Fuente: MEIC-MAG, 2008. ¹La proteína total adicionada debe ser ≤ 49 % de la proteína total.

Según Totosaus (2007a), durante el proceso de elaboración de embutidos cárnicos emulsionados, existen cuatro etapas importantes, donde ocurren interacciones entre proteína, agua y grasa, que poseen diferentes funciones en el proceso: proteína-agua aportan a la solubilidad de las proteínas, proteína-grasa (emulsión), proteína-proteína (gelificación).

El primer paso corresponde a la elección del tipo de carne, por lo general se emplea el músculo esquelético, se aplica una reducción de tamaño mediante el proceso de molienda y después en la *cutter*, se extraen las proteínas miofibrilares, sarcoplásmicas y tejido conectivo. En la segunda etapa, la sal (cloruro de sodio) es adicionada, seguido de nitrito de sodio, fosfatos y una parte del hielo, donde se alcanza una concentración de sal de 2,5 % a 3,0% (0,5 a 0,6 M NaCl), suficiente para solubilizar y activar las proteínas, creando una red cargada electrostáticamente, generando regiones hidrofílicas e hidrofóbicas. Al aplicar agitación mecánica se rompen los tejidos y se solubilizan las proteínas mediante la activación de cargas positivas (Na^+) y negativas (Cl^-) (Figura 1b). En este caso, la función del fosfato es elevar el pH de aproximadamente 5,5 (dependiendo del tipo de músculo, especie y condiciones *post mortem* de la carne) a cerca de 6,5 (Figura 1a); donde las interacciones proteína-proteína son máximas y la solubilidad mínima. Este proceso permite aumentar la capacidad de retención de agua (CRA) (Totosaus, 2007; Totosaus & Hernández, 2009).

En el tercer paso se añade la grasa y la otra parte del hielo, con el fin de formar la emulsión. El agua se incorpora en forma de hielo porque resulta importante mantener la temperatura de 8 °C a 12 °C. La agitación mecánica de la *cutter* dispersa la grasa en pequeños glóbulos que son atrapados en la matriz de proteína de la carne. En esta etapa se debe tener control sobre la temperatura, pues de esta depende la estabilidad de la emulsión antes y después de la cocción y ésta es función del tiempo de mezclado (Totosaus, 2007a).

Por último, el resto de los ingredientes son adicionados, incluyendo el hielo restante y se procede a embutir en fundas para permitir una adecuada transmisión del calor en el producto durante la cocción; ésta se realiza hasta alcanzar una temperatura interna de 72 °C. La solubilidad se logra aumentar después de 60 °C (Figura 1c), temperatura a la cual se realiza la transición de miosina, lo que permite el paso de un sólido a un semisólido o gel, con lo que se obtiene el embutido, en este caso salchichón (Totosaus, 2007a).

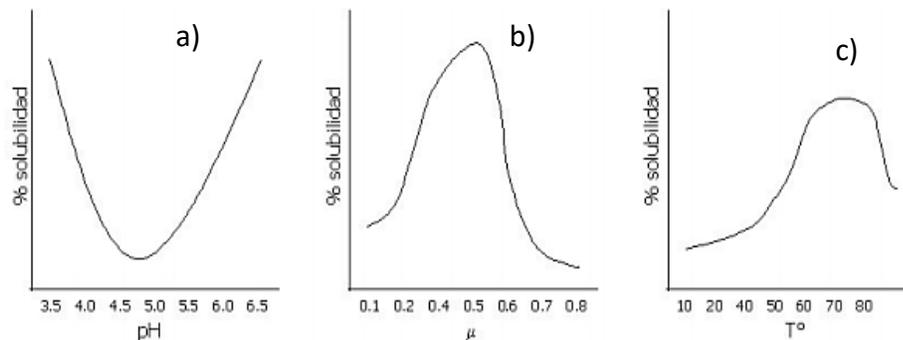


Figura 1. Perfil de solubilidad para proteínas musculares en función de condiciones ambientales de a) pH, b) fuerza iónica y c) temperatura.

3.2 Ingredientes principales utilizados en la elaboración de embutidos

3.2.1 Ingredientes cárnicos

3.2.1.1 Carne

La selección de los ingredientes cárnicos resulta fundamental para la elaboración de embutidos de calidad. Se suelen emplear carnes de bajo valor económico, pero frescas y con conteos microbiológicos lo más bajos posibles (Feiner, 2006). Esto incluye cortes de alto tejido muscular o grasa, recortes en canal, carne deshuesada mecánicamente y subproductos animales comestibles. Características importantes del embutido están relacionadas con el tamaño, configuración y conformación de las proteínas musculares que componen la carne, las cuales deberían ser fácilmente extraíbles y formar geles durante la cocción (Xiong y Mikel, 2001; Mittal, 2005). Es recomendable emplear carnes con pH entre 5,7 y 6,0; rango en el cual se incrementa la CRA de las proteínas, pues se presenta cierto grado de madurez en la carne, producto de la disminución de los enlaces entre las proteínas actina y miosina (Feiner, 2006).

Se suele emplear en la elaboración de embutidos como el salchichón, una mezcla de carne de res, cerdo y otras carnes, como pollo deshuesado mecánicamente (CDM). La utilización de carne cerdo aporta elasticidad y textura suave, sin embargo, no brinda firmeza, por lo que se adiciona carne de res, que además ayuda a brindar un buen color durante el curado (Feiner, 2006).

Se debe considerar el tipo de carne a emplear, pues esto interfiere en las características funcionales del embutido. Al emplearse carne pálida, suave y exudativa (PSE por sus siglas en inglés) se debe tomar en cuenta que el contenido de proteína nativa es menor, lo que disminuye la CRA y la habilidad de emulsificar grasa. Si se emplea una alta proporción de carne de cerdo PSE, se obtendrá un embutido con poco color y firmeza. Además, es posible experimentar separación de agua y grasa (Feiner, 2006).

En el caso de la carne oscura, firme y seca (DFD por sus siglas en inglés) de res, presenta problemas en la formación del color del curado, además de disminuir la vida útil del producto,

ya que presenta pH alto. Por otro lado, la utilización de esta carne puede ser beneficioso en la elaboración del salchichón, pues la carne DFD presenta excelente solubilidad proteica y alta CRA y no impacta la estabilidad de la emulsión (Feiner, 2006).

La carne de pollo deshuesada mecánicamente o CDM se emplea actualmente en porcentajes altos en las formulaciones de embutidos, por su bajo costo económico. Se puede emplear CDM suave o dura, siendo la diferencia principal en el contenido de proteína, con valores de 14 a 17 % y 12 a 14 % respectivamente, lo que ocasiona que la primera tenga mayor CRA y mejor habilidad para emulsificar grasa. También se emplea CDM obtenido de las carcasas completas de gallinas y pollos, esta carne posee propiedades funcionales mejores, pues presenta niveles de proteína más altos, menor contenido de grasa y trozos de carne de mayor tamaño (Feiner, 2006).

3.2.1.1.1 Sabor umami en la carne

La carne cruda presenta sabor similar al de la sangre, debido a la presencia de sales en la sangre y productos de la pirolisis y saliva; con diferencias debido a la especie, alimentación y ambiente de crianza del animal. La aceptación de la carne envuelve todos los sentidos del consumidor. El sabor y los aromas u olores se desarrollan en los productos cárnicos cuando son expuestos al calor y luego masticados. El sabor se define como un atributo sensorial de sustancias solubles, percibidas por receptores específicos localizados en la lengua; dulce, salado, amargo, ácido y umami. El aroma podría definirse como el olor de la carne antes de ser colocada en la boca, pero también se percibe cuando el alimento se introduce a la boca, lo que se denomina olfato retronasal (Aristoy & Toldrá, 1995).

El *flavor* es un aspecto sensorial importante para la aceptabilidad general de productos cárnicos. El aporte se da tanto de compuestos volátiles, como de compuestos de alto peso molecular y precursores no volátiles. Los precursores no volátiles del sabor de la carne están formados por aminoácidos, péptidos, azúcares reductores, vitaminas y nucleótidos. La interacción de esos compuestos y/o sus productos de descomposición generan una gran cantidad de intermediarios y/o compuestos volátiles que contribuyen al sabor y al aroma de la carne (Shahidi).

La palabra umami es de origen japonés y significa “sabroso”, “carnoso” o “sabor delicioso” y expresa la sensación de un sabor agradable. Se encuentra principalmente en sustancias como el glutamato monosódico o (GMS) y el sabor del glutamato es sustancialmente incrementado en presencia de los 5'-nucleótidos: inosina-5'-monofosfato (IMP), guanosina-5'-monofosfato (GMP), xantosina-5'-monofosfato, y a un nivel menor, adenosina-5'-monofosfato (AMP); los cuales están principalmente en la carne y en otros alimentos ricos en proteínas y se consideran potenciadores del sabor (Nollet & Toldrá, 2009; Macleod, 1994; Dermiki *et al.*, 2013).

Cuadro II. Contenido de glutamato libre y 5'-nucleótidos (IMP, GMP, AMP), en carne de res, cerdo y pollo.

Tipo de carne	Glutamato libre (mg/g)	IMP (mg/g)	GMP (mg/g)	AMP (mg/g)
Res	33	163	-	7,5
Cerdo	23	186	3,7	8,6
Pollo	44	115	2,2	13,1

Fuente: Sugita, 2002.

El contenido de estas sustancias potenciadores del sabor se encuentra en diferentes proporciones en las carnes según la especie, lo cual se puede observar en el Cuadro II. La carne de pollo presenta mayor contenido de glutamato libre, así como AMP, no obstante, la carne de cerdo presenta más IMP y GMP, los cuales interactúan de mayor forma potenciando el sabor. Por su parte la carne de res contiene un nivel intermedio de glutamato libre, pero niveles más bajos que el cerdo de los 5'-nucleótidos (Dermiki *et al.*, 2013)

3.2.1.2 Tocino

La grasa se utiliza en embutidos de un 15 al 20 % del peso final. Es de gran importancia en las emulsiones cárnicas, ya que la grasa se mezcla con la carne para formar una pasta, característica básica de embutidos como el salchichón. La grasa posee cuatro funciones importantes en la alimentación: sirve como fuente de energía, hace más apetitosos los alimentos, proporciona al cuerpo ácidos grasos esenciales y transporta al cuerpo vitaminas liposolubles. Asimismo, dentro del organismo tiene tres funciones importantes:

almacenamiento de energía, formar parte de las membranas celulares y proveer la materia prima para la formación de hormonas (Totosaus, 2007a).

3.2.1.3 Emulsión de pellejo (piel de cerdo)

La piel de cerdo contiene alrededor de 55 % agua, 35 % tejido conectivo (colágeno mayoritariamente), 5 a 10 % de grasa y 0,5 % de cenizas. El uso de emulsión de piel de cerdo o pellejo como se le conoce comúnmente, es utilizada en embutidos cocidos por su bajo costo y porque aporta firmeza, mordida y mejora el rendimiento. Suelen emplearse tendones o ligamentos, por las mismas razones; alto contenido de tejido conectivo, principalmente colágeno, el cual al calentarse se torna gelatinoso y contribuye a la textura y firmeza de mordida (Feiner, 2006; Dos Santos *et al.*, 2016).

Es importante destacar que los materiales para la elaboración de la emulsión de pellejo deben ser correctamente almacenados y tratados, para mantener recuentos bacterianos bajos. Se pueden congelar y descongelar previo a su procesamiento. El término “emulsión” no es totalmente apropiado para esta materia prima, pues no incorpora grasa directamente para su procesamiento y los lípidos presentes en la piel o pellejo de cerdo se encuentran en estado sólido (Feiner, 2006).

3.2.2 Ingredientes no cárnicos

3.2.2.1 Agua

El agua juega un rol importante en los productos cárnicos, ya que al ser considerada un excelente disolvente, permite que se extraigan y solubilizan las proteínas miofibrilares; proceso fundamental para la formación de la emulsión. Además, actúa como agente dispersante de sal, azúcar, agentes de curado, fosfatos y otras sustancias adicionadas en la elaboración de embutidos curados y cocidos (Sebranek, 2015)

El bajo precio del agua permite que se incorpore en las formulaciones para incrementar rendimientos, disminuir los costos y a su vez contribuye impartiendo buenas características sensoriales en el embutido. Se debe considerar la calidad del agua, pues debido a que aporta metales pesados, exceso de cloro y otras impurezas, podrían aparecer productos o

subproductos indeseables, lo que puede afectar el sabor y color del alimento (Rogers, 2001; Sebranek, 2015).

3.2.2.2 Cloruro de sodio

La sal más empleada en la elaboración de embutidos es el cloruro de sodio, su función principal es la extracción y solubilización de las proteínas miofibrilares, necesarias para la cohesión durante la cocción. Este ingrediente también permite impartir sabor y posee un efecto antimicrobiano. Es común encontrar un contenido de sal añadida en los embutidos que oscila de 1,5 % a 2,5 % (Xiong & Mykel, 2001).

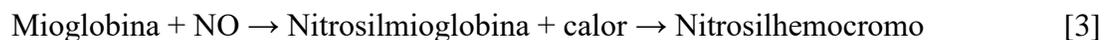
La sal permite extraer las proteínas que son solubles en soluciones salinas, principalmente actina y miosina, las cuales son de suma importancia en la elaboración de productos cárnicos emulsionados y cocidos, ya que permite unir trozos de carne durante la cocción (Barbut, 2015). La extracción de las proteínas y su movimiento a la superficie, permite: que se ligue humedad, siendo la miosina la encargada de llevarlo a cabo (incrementando la CRA), ayudar en la emulsificación de las partículas de grasa, lo cual lo realiza la actina; al actuar en conjunto ayudan a incrementar la viscosidad de la pasta cárnica (Feiner, 2006). Posteriormente, las proteínas coagulan y ligan las partículas de carne (importante para mantener el producto unido) junto con el agua (ayuda a reducir pérdidas durante la cocción), para formar una matriz tridimensional, permitiendo retener la grasa durante la cocción y prevenir su separación (Barbut, 2015; Feiner, 2006).

Un contenido alto de sal puede suprimir o detener en gran medida el crecimiento microbiano, pero no puede adicionarse en grandes cantidades ya que es inaceptable en términos de sabor. Desde 1980, ha venido tomando importancia la reducción de cloruro de sodio, principalmente por la gran cantidad de casos de hipertensión arterial. Sin embargo, se debe considerar que una reducción de sodio puede generar menor CRA, un efecto en las propiedades físicas del alimento, generando un embutido más seco y suave, con pérdidas altas durante la cocción, lo cual es rechazado por los consumidores. La relación entre la concentración de sal y la CRA se ha establecido; depende de factores como la cantidad, tipo y características de la proteína empleada, así como del pH (Barbut, 2015).

3.2.2.3 Nitratos y nitritos

Los nitratos y nitritos son comúnmente conocidas como sales de cura, se emplean para contribuir a la formación del color y sabor, prevenir la oxidación y por su importante acción antimicrobiana contra las esporas de *Clostridium botulinum*. Se suele emplear en concentraciones bajas, de 120 a 200 ppm. Su efecto depende del pH y de la concentración de HNO₂ (Barbut, 2001). Se ha determinado que cuando las dosis son elevadas y se aplican altas temperaturas, el nitrito residual podría reaccionar con aminas secundarias para formar nitrosaminas, las cuales son potencialmente carcinogénicas (Barbut, 2015). Por esta razón, se regula la cantidad de aditivo que se incorpora en los embutidos, en Costa Rica se permiten límites residuales máximos de 125 mg/kg para nitritos y 365 mg/kg para nitrato (MEIC-MAG, 2008)

La formación del color rosado, característico de los embutidos curados, ocurre mediante reacciones específicas. A continuación se muestran las reacciones involucradas al partir de nitrito de sodio como agente de curado:



La adición de nitritos y nitratos a los embutidos, se realiza principalmente por su efecto antimicrobiano contra el crecimiento de las esporas de *C. botulinum*, siendo el compuesto activo el óxido nítrico, que interviene con el metabolismo de esta bacteria ((Barbut, 2015).

3.2.2.4 Fosfatos

Los fosfatos son sales de ácido fosfórico, se incorporan en la elaboración de embutidos en conjunto con cloruro de sodio. Los fosfatos de mayor uso son los alcalinos, siendo el tripolifosfato de sodio uno de los más comunes. En países como Estados Unidos se permite su uso hasta 0,5 % (Barbut, 2015). La legislación nacional permite su uso en un máximo de 3000 mg/kg (MEIC-MAG, 2008).

Una de las funciones de los fosfatos es aumentar la extracción de proteínas musculares, así como mejorar la solubilización de las mismas. Esto ocasiona que aumente la CRA y disminuya las pérdidas durante la cocción, debido a un incremento en el pH de las proteínas musculares por encima del punto isoelectrico, causando más cargas en las cadenas de aminoácidos y por consiguiente repulsión en las proteínas, por lo que se crean espacios entre ellas que generan mayor unión de las moléculas de agua (Barbut, 2015; Feiner, 2006).

El uso de este aditivo permite estabilizar la emulsión cárnica, pues posee una zona hidrofílica y otra hidrofóbica. Disminuye las reacciones de oxidación, debido a su capacidad de secuestrar iones metálicos como Fe y Cu; lo que evita la aparición de sabores rancios y protege contra la oxidación de los pigmentos (Barbut, 2015; Xiong & Mikel, 2001).

3.2.2.5 Eritorbato de sodio

Se le conoce como un acelerador del curado, ya que es adicionado para aumentar la velocidad a la cual es convertido el nitrito en óxido nítrico en una solución acuosa. Los sistemas cárnicos presentan enzimas que se encargan de reducir el nitrito, sin embargo, de esta forma el proceso se ralentiza, lo cual no se desea en las líneas industriales de procesamiento de embutidos, donde se busca realizar la cocción del embutido en un período corto, no mayor a una hora. Además, este aditivo posee la capacidad de reducir mioglobina en metamioglobina (Barbut, 2015).

Por lo general se suele emplear en concentraciones bajas, de 500 a 1000 ppm (Barbut, 2015). En Costa Rica se permite una concentración máxima de 1000 mg/kg (MEIC-MAG, 2008).

3.2.2.6 Almidón de papa

El almidón es un polisacárido, está ampliamente distribuido en las plantas, ya que actúa como un carbohidrato de reserva y es el de mayor importancia en la nutrición humana. Se obtiene de diferentes fuentes, como: maíz, papa, yuca y trigo. Se caracterizan de acuerdo a su fuente de extracción, evaluando la forma, tamaño, distribución del tamaño y cristalinidad de los gránulos. Este polisacárido está compuesto de 20-30 % de amilosa y de 70-80 % de amilopectina. Aproximadamente el 70 % de la masa de un gránulo de almidón se considera

amorfo y está formado por amilosa, mientras el 30 % es considerado cristalino y se conforma principalmente por amilopectina (Belitz *et al.*, 2009).

De manera general, el almidón de papa es extraído mediante la trituración del vegetal, es arrastrado con una corriente de agua, se separa en suspensión y se seca; este proceso se facilita al encontrarse el almidón libre dentro de las células de papa. Al secarse mediante aire caliente posee un contenido de humedad de aproximadamente 19,8 % (Belitz *et al.*, 2009). 1

En la industria de embutidos los almidones son conocidos como rellenos, pues se agregan en las formulaciones por su capacidad para enlazar agua y por su contribución a la firmeza y textura del embutido, principalmente cuando se elaboran embutidos con bajo contenido de carne (Feiner, 2006). Cuando el almidón se calienta a temperaturas mayores a su punto de gelatinización, éste se abre y aumenta su capacidad para ligar agua, ocasionando que aumente la viscosidad, volviéndose más viscoso al enfriar. En la industria cárnica se suelen emplear almidones pre-gelatinizados, pues de esta manera son capaces de retener agua a menores temperaturas, lo cual es ventajoso, pues las proteínas cárnicas se desnaturalizan al aplicar temperaturas elevadas, lo que disminuye su CRA (Barbut, 2015).

3.2.2.7 Concentrado proteico de soya

La proteína de soya es la de mayor uso en la industria cárnica, ya que brinda propiedades funcionales y es de bajo costo en comparación con la carne (Fernández-Gines, 2005). Cabe destacar que el uso de proteína de soya se percibía como una mala práctica en el pasado, ya que se empleaba harina de soya y no el producto concentrado y/o aislado, lo que brindaba sabores y colores extraños (no característicos de un producto cárnico). En la actualidad se emplean para reducir costos y enriquecer proteicamente los embutidos (Feiner, 2006).

La composición de los frijoles de soya es variable, depende del tipo de cultivo y las condiciones, pero por lo general contiene de 35-40 % de proteína, 15-20 % de lípidos, 30 % de carbohidratos y de 10-30 % de humedad (Asgar *et al.*, 2010). De manera resumida se describe su obtención: se parte del frijol de soya, al cual se le retira el aceite, se desengrasa la harina de soya y por último se remueven los carbohidratos solubles. El concentrado de soya está compuesto en su mayoría de proteína (70-72 %) y de fibra insoluble o dietética

(Feiner, 2006). El concentrado de proteína de soya se emplea en embutidos porque poseen gran habilidad para retener agua y capacidad para ligar grasa, aumentando la estabilidad de la emulsión y los rendimientos. Asimismo, la incorporación de proteínas de soya en productos como las salchichas o el salchichón, permite incrementar la firmeza, textura y succulencia del producto, mientras que durante la cocción reducen las pérdidas (Feiner, 2006).

3.2.2.8. Condimentos

La adición de condimentos en embutidos no es un aspecto regulado por la legislación, depende de la identidad del producto. De esta manera, diversas especias y saborizantes pueden ser adicionadas en los embutidos. Las especias tienen origen vegetal, son sustancias aromáticas, algunas poseen capacidad antioxidante y antimicrobiana; pueden ser adicionadas de forma entera, molida o en extractos. Al emplearse extractos, se le denominan saborizantes. Su función es brindar un sabor específico a los productos (Xiong & Mikel, 2001; Barbut, 2001). Los sazoadores son compuestos que contienen una o más especias, que al ser agregados a los alimentos durante su elaboración realzan su sabor, incrementando así su aceptación por el consumidor. Los sazoadores son agregados antes de que los alimentos sean servidos, mientras los condimentos se adicionan una vez estos ya han sido servidos. Algunos compuestos se emplean tanto como sazoadores como condimentos (Coggins, 2001). Características de calidad en salchichón

3.3 Textura

Se define como textura un grupo de características físicas que surgen de los elementos estructurales de los alimentos, son percibidas por el sentido del tacto en su mayoría y se relacionan a la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo una fuerza (Bourne, 2002). Evaluar los parámetros de textura de productos cárnicos es esencial para ofrecerle a los consumidores alimentos de calidad y consistentes (Barbut, 2009).

Al ser una propiedad de gran importancia para los consumidores, la textura en productos cárnicos se ha estudiado ampliamente, en la literatura se indica que se presentan tres tipos de pruebas de textura: empíricas, imitativas y fundamentales. Las primeras hacen referencia a

métodos de fácil ejecución, con instrumentos de menor costo; como pruebas de corte o punción y extrusión. Las pruebas imitativas, intentan reproducir las condiciones que experimenta el alimento durante la masticación. Mientras las pruebas fundamentales, se emplean para proporcionar mediciones independientes de diferentes parámetros de textura (Claus, 1995).

Dentro de los métodos de medición de textura anteriores, se encuentra la prueba de corte Warner Bratzler, la cual pertenece a las pruebas empíricas y el análisis de perfil de textura instrumental (TPA por sus siglas inglés), que forma parte de los métodos imitativos (Claus, 1995). Éstos se describirán a continuación.

2.3.1. Prueba de fuerza corte

Las pruebas de corte fueron de las primeras desarrolladas para determinar la tenacidad o dureza de carne cruda y cocida, así como de productos cárnicos. La prueba de Warner-Bratzler es la más popular, ésta lleva el nombre de su inventor. Este método se basa en el hecho de que para comer carne, es necesario morder con los dientes frontales y para disminuir de tamaño el alimento, se emplean los molares (Juárez *et al.*, 2012).

De manera general, durante este proceso se realiza una simple medida de la fuerza máxima de corte que se ejerce durante la ruptura completa del alimento, realizando un cizallamiento perpendicular mediante una cuchilla, la cual se mueve a velocidad constante (Plaza, 2011; Barbut, 2009).

Cabe destacar que la experiencia del consumidor no es simulada completamente mediante los métodos instrumentales, sin embargo, se puede realizar una estimación fidedigna de la aceptación del producto, con menor tiempo y costo (Chacón & Pineda, 2009). Además, es de gran importancia, porque permite determinar la variación de la terneza de la carne, con lo que se pueden establecer los factores que ocasionan dicha variación (Barbut, 2009), así como determinar el efecto de modificaciones en las formulaciones sobre parámetros de calidad en embutidos, como la textura (Herrero, 2008).

2.3.2. Análisis de perfil de textura

Consiste en una prueba de compresión de dos ciclos, la cual se conoce en la industria de alimentos como análisis de perfil de textura. En esta prueba se comprime una muestra cilíndrica hasta una determinada deformación durante el primer ciclo, la presión se libera y se comprime nuevamente; el objetivo de esta prueba consiste en imitar la acción de las mandíbulas durante la masticación (Barbut, 2009). La curva de fuerza-tiempo brinda siete parámetros; cinco se obtienen directamente y dos se obtienen mediante combinación de cálculos de los primeros (Claus, 1995). En la Figura 1 se muestra una curva típica de TPA, donde las Distancia 1 y 2 corresponde a la primera y segunda compresión respectivamente (Ruiz, 2005).

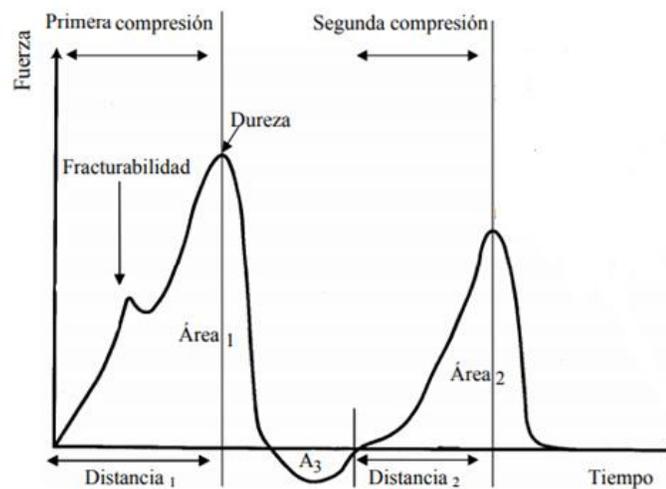


Figura 2. Gráfica general del análisis del perfil de textura (TPA).

En el Cuadro III se describen cada uno de los parámetros estructurales que proporciona dicho método de medición de textura.

Cuadro III. Parámetros medidos por un análisis de perfil de textura (TPA) y su relación con características sensoriales.

Parámetro	Definición sensorial	Definición instrumental
Dureza (N)	Fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares	Fuerza máxima que tiene lugar en cualquier momento durante el primer ciclo de compresión
Elasticidad (cm)	Extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza	Altura que recupera en el tiempo que transcurre entre el primer y segundo
Adhesividad (Ns)	Trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie	Después del primer ciclo, se experimenta una fuerza negativa, correspondiente a la adhesión del material a la cruceta (A3, ver Figura 2)
Cohesividad (adimensional)	Fuerza que los enlaces internos ejercen en el alimento	Cociente del área bajo la curva del primer y segundo ciclo (A1/A2, ver Figura 2)
Masticabilidad (Ncm)	Energía requerida para desintegrar un alimento sólido hasta que esté listo para ser tragado	Dureza*Cohesividad*Elasticidad
Gomosidad (N)	Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido hasta que esté listo para ser tragado	Dureza*Cohesividad

Fuente: Ruiz, 2005.

3.4. Color

El color y la apariencia son las primeras características apreciadas en el alimento por el consumidor, aspectos con los cuales se juzga su calidad para realizar la compra (Castigliero *et al.*, 2012). El color de los embutidos depende de la carne empleada y el desarrollo del color durante el curado (Feiner, 2006; Young & West, 2001).

El pigmento de los tejidos musculares es la mioglobina (proteína con un anillo de porfirina y un átomo central de hierro) y el de la sangre es hemoglobina. El contenido de hemoglobina en la carne depende del nivel de desangrado durante el proceso de cosecha. La mioglobina se puede encontrar en tres formas en la carne fresca, las cuales dependen del estado del átomo de hierro; mioglobina (en presencia de agua) y oximioglobina exhiben un

átomo reducido (Fe^{2+}), con colores rojo-púrpura y rojo brillante respectivamente, mientras la metamioglobina presenta el átomo de hierro oxidado (Fe^{3+}) y posee un color marrón. La concentración de mioglobina varía según la especie, presentado el siguiente orden, reportado en gramos/kilogramo de carne: res (3,0-9,0), cerdo (2,2-6,0), carne oscura de pollo (1,0-3,0) y pechuga de pollo (0,1-0,4) (Feiner, 2006).

Además, hay factores intrínsecos y extrínsecos que afectan el color de la carne, dentro de los primeros se encuentra la especie animal, raza, edad, sexo y tipo de músculo; los segundos corresponden a la dieta, sistema de cuidado y cosecha de la carne (temperatura, condiciones de transporte, aturdimiento, enfriamiento, empaque y almacenamiento) (Castigliego *et al.*, 2012).

Como se indicó anteriormente, la formación del color característico de los embutidos envuelve una reacción química entre la mioglobina presente en la carne y el nitrito adicionado. Algunas condiciones pueden afectar la formación del pigmento nitrosilhemocromo: insuficiente mioglobina en la carne (lo cual no puede corregirse), insuficiente nitrito adicionado en la primera etapa, ausencia o falta de potenciador del color (eritorbato de sodio), tiempo muy corto para el desarrollo del color antes de la cocción y niveles de O_2 excesivos en el producto (Feiner, 2006).

El color al ser percibido por el ojo humano, se considera una experiencia sensorial y por esta razón es siempre subjetivo, dado que está influenciada por características o posiciones psicológicas del observador. Además, el sistema visual humano trabaja más como un sensor comparador que absoluto, lo que en conjunto influencia la percepción general del color (Castigliego *et al.*, 2012)

La medición de color no solo depende del material que se analiza, sino también de la fuente de luz y detector, ya sea humano o instrumental; generando así diferentes resultados al variar las condiciones de medición. Por lo tanto, cualquier evaluación de color, se debe realizar bajo condiciones estandarizadas y preferiblemente empleando instrumentos específicos (Castigliego *et al.*, 2012).

El colorímetro es uno de los equipos más usados en las investigaciones, donde se representa el color de la carne y de productos cárnicos a partir de diferencias de colores, basándose en estándares previamente definidos. Algunas de las escalas más utilizadas son CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*) $L^*a^*b^*$, CIE XYZ y Hunter L, a, b (Castigliego *et al.*, 2012).

La escala CIELAB puede ser representada por la escala CIELCH (ver Figura 3), que emplea los siguientes parámetros: L^* indica la luminosidad, tiene un valor de 100 % para negro y 0 % para blanco, a^* representa la variación entre verde (-a) y rojo (+a), b^* muestra la variación entre azul (-b) y amarillo (+b) (Pérez-Álvarez y Fernández-López, 2009; Feiner, 2006). Los valores C^* o chroma se refiere a la saturación del color y h° expresa el ángulo de la tonalidad, estos se determinan a partir de los primeros parámetros, mediante las ecuaciones que se muestran a continuación.

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad [4]$$

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad [5]$$

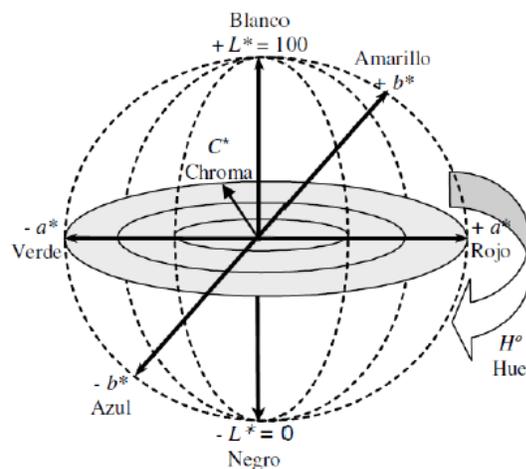


Figura 3. Espacio del color en la escala CIE $L^*a^*b^*$ y sus coordenadas cilíndricas C y h° (Ramírez, 2004).

3.5. Estabilidad de la emulsión

En términos generales, una emulsión cárnica es un sistema bifásico compuesto por glóbulos de grasa (fase dispersa), suspendidas en una matriz hecha de proteínas solubilizadas en una solución salina (fase continua). Se considera que los glóbulos de grasa en una emulsión verdadera poseen un tamaño de 0,1 μm a 100 μm , siendo los glóbulos de grasa de las emulsiones cárnicas superiores a 100 μm , éstas no se consideran emulsiones verdaderas, se les denomina pasta o batido cárnico (Ugalde-Benítez, 2012).

La solubilización de proteínas musculares es un importante proceso fisicoquímico que ocurre durante la elaboración de alimentos cárnicos procesados, donde esta solubilización sucede como resultado del molido y mezclado de la carne con agua en presencia de sal. Por lo tanto, la reducción de cloruro de sodio tiene implicaciones tecnológicas, por ejemplo, se reduce la fuerza iónica y por consiguiente se presenta una reducción en la extracción y solubilización de las proteínas miofibrilares (Totosaus, 2007b). Estas proteínas funcionan como emulsificantes, siendo adsorbidas en la interfase grasa/agua, en particular la miosina. Una vez que los glóbulos de grasa son rodeados por las proteínas, la emulsión es formada; en el procesamiento posterior, el sistema es estabilizado, producto de la desnaturalización de las proteínas en el tratamiento térmico (Ugalde-Benítez, 2012).

De esta forma, al conocer que el cloruro de sodio interfiere en la solubilización de las proteínas, se sabe que también se ven afectadas las propiedades emulsionantes de las mismas cuando se reduce su concentración (Vieira *et al.*, 2006). Por lo que resulta importante determinar la estabilidad de la emulsión, lo cual se define como la habilidad que posee una emulsión para resistir cambios en sus propiedades a través del tiempo (Ugalde-Benítez, 2012). Según Totosaus (2007a), en pruebas realizadas en pasta cárnica cruda y reducida en cloruro de sodio (debajo del 2 %) se presentó liberación de agua. Además, la fuerza del gel se redujo cuando se disminuyó la concentración de 3,35 % a 1,00 %; presentándose retención de grasa en las emulsiones con contenidos de por arriba del 1,00 %. En otro estudio se reporta que al evaluar boloñas (albóndigas) de 2,50 % y 1,25 %, se determinó que las de baja fuerza iónica mostraron un incremento en la liberación de grasa, sinéresis en geles y pérdida de humedad al cocimiento en pruebas de estabilidad de la emulsión.

3.6. Análisis sensorial en los alimentos

La evaluación sensorial se puede definir como un método científico para medir, evocar, analizar e interpretar aquellas respuestas generadas al ver, oler, tocar, saborear y escuchar un determinado alimento. Esta área de la ciencia ha permitido generar información con la cual se desarrollan nuevos alimentos (Lawless & Heymann, 1999).

En análisis sensorial se incluyen los 5 sentidos humanos. En términos de alimentos, los dos con mayor importancia son el olfato, que permite la detección de compuestos volátiles del aroma, por la inhalación directa o la percepción mediante el efecto retronasal después de tragar y el gusto que permite la detección de sustancias químicas solubles como el dulzor, salado, acidez, entre otros. Sin embargo los otros tres resultan muy importantes; la visión le permite al consumidor tener una idea de la calidad del alimento aún sin haberlo probado, esto puede influenciar en la percepción del sabor. La audición permite conocer aspectos de crujencia en alimentos donde esto resulta una característica importante, la falta de crujencia puede interpretarse como una falta de calidad. Finalmente el sentido del tacto juega un rol importante cuando el alimento es manipulado manualmente o cuando se pone en la boca (Rousseau, 2004).

Es así como se evalúan los alimentos empleando diferentes técnicas sensoriales que permiten conocer diferentes características del alimento. A continuación se describen las pruebas de discriminación y de consumidores (agrado específicamente).

3.6.1. Pruebas de discriminación

Las pruebas de discriminación o diferenciación son empleadas usualmente para investigar el grado de similitud entre los productos, por lo que se emplean cuando hay pequeñas diferencias entre un alimento y otro. Se constituyen por pruebas de comparación pareada (2-AFC), el triángulo, el método 3-AFC y el Dúo-Trío, tetrada, entre otras (Rousseau, 2004; Lawless & Heymann, 1999; Cerviño *et al.*, 2016).

La dificultad relacionada con la determinación de pequeñas diferencias, no sólo provoca confusión, sino que se encuentra relacionada con los prejuicios o diferentes juicios que posee cada uno de los jueces. Los sesgos o prejuicios en las respuestas llegan a ser independientes

de la sensibilidad de los jueces para estar correlacionados con la confianza que se tenga para la emisión de un criterio. Por lo tanto, en este tipo de pruebas las instrucciones claras juegan un papel fundamental, dándole a conocer al juez que los estímulos se encuentran en diferentes lados del criterio previamente seleccionado (Angulo & O'Mahony, 2009).

En la comparación pareada o prueba 2-AFC por sus siglas en inglés (*2-alternative forced choice*) o escogencia forzada alternativa, al panelista se le presentan dos muestras simultáneamente y debe escoger el objeto con la mayor o menor intensidad del atributo en cuestión; como color, sabor, dulzor, entre otros. En esta prueba es de gran importancia indicar la naturaleza de la diferencia de las pruebas analizadas (Ennis, 1993; Lawless & Heymann, 1999).

La comparación pareada puede comportarse como una prueba de una cola o dos colas, lo cual depende del conocimiento de la dirección de la diferencia. La prueba se considera de una cola cuando se conoce la dirección de la diferencia y de dos colas cuando se desconoce. Debido a que este método emplea la respuesta forzada, los resultados se encuentran libres de sesgo, siempre que se utilice el procedimiento adecuado (Rojas, 2012).

3.6.2. Pruebas de consumidores: agrado

Las pruebas de consumidores se conocen como métodos afectivos o hedónicos, tienen como objetivo medir el nivel de agrado o desagrado de productos que el consumidor ya utiliza o podría utilizar. Generalmente se aplican luego de pruebas de discriminación y antes de aplicar métodos de mercadeo (Lawless & Heymann, 2010; Stone & Sidel, 2004).

Para realizar las pruebas de agrado general se emplea la escala híbrida, la cual mezcla los beneficios de la escala hedónica con la escala lineal numérica. La utilización de la escala hedónica presenta el problema de evadir las categorías de los extremos, lo cual podría producir error de tendencia central, además los espaciamientos categóricos de la escala no son equivalentes psicológicamente. De esta manera el uso de la escala híbrida reduce el problema presentado, permitiendo que el consumidor evalúe más rápido y con menor dificultad (Dunezka, 2013).

Asimismo, el uso idiosincrático de la escala es un factor que se debe tomar en cuenta al realizar pruebas de agrado de consumidores; algunas personas suelen emplear toda la longitud de la escala para brindar sus evaluaciones hedónicas, mientras otros se concentran sólo en una parte de la escala. Algunos evaluadores tienden a usar el extremo inferior, mientras la mayoría se concentra en la zona central y superior (Villanueva *et al.*, 2005).

Para el análisis de datos de este tipo de pruebas se puede aplicar análisis de conglomerados, que permite clasificación en grupos según asociaciones no evidentes entre jueces. Se pretende agrupar elementos con la máxima homogeneidad y la mayor diferencia posible entre cada grupo, permitiendo los conglomerados un mayor entendimiento de los grados de aceptación de las diferentes muestras (Pedroza & Dicovskyi, 2007). Se suele emplear para la representación jerárquica de conglomerados un dendograma, siendo éste una forma gráfica. Este gráfico resume el proceso de agrupación en el cuales los objetos, según igualdad o diferencia, se conectan mediante enlaces de acuerdo con su posición en el dendograma. La presentación de los resultados en dendogramas permite encontrar en el eje de coordenadas los distintos niveles de disimilitud, entorno a la agrupación de las unidades analizadas (Rodríguez & Mora, 2001).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del proyecto

La elaboración de los productos cárnicos curados, se realizó en las instalaciones de la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Las pruebas sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos y las pruebas de textura, color y sinéresis se realizaron en el Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos, también ubicado en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica.

4.2. Materia prima

Las diferentes formulaciones de salchichón se realizaron con las siguientes materias primas y proveedores:

Cuadro IV. Materias primas a utilizar en la elaboración de los diferentes tipos de salchichón.

Materia prima	Proveedor y/o marca
Carne de Res ¹	Carnes Castillo
Carne de Pollo	Carnes Castillo
Carne de Cerdo ¹	Carnes Castillo
Emulsión de pellejo de cerdo	Salqui
Tocino	Carnes Castillo
Almidón de papa	NAVISA
Proteína aislada de soya	NAVISA
Sal de cura (6,5 % NaNO ₂)	NAVISA
Cloruro de sodio	NAVISA
Eritorbato de sodio	NAVISA
Tripolifosfato de sodio	NAVISA
Condimentos varios ²	Baltimore Spice

¹No inyectados. ²Los condimentos utilizados no aportan sodio (sin sal ni glutamato monosódico)

4.3. Formulaciones

Se elaboraron 6 formulaciones de salchichón que correspondieron a tres con concentración alta (2,05 %) y tres con concentración baja de cloruro de sodio o reducido (1,60 %). La concentración alta corresponde al estímulo constante presentado en el estudio previo realizado por Hernández-Campos (2017). El valor de la concentración de sal del salchichón reducido, fue el valor obtenido por la misma autora, quien utilizó el umbral de diferencia o JND (por sus siglas en inglés), empleando el método de estímulo constante y disminuyendo el cloruro de sodio por debajo de éste.

Las fórmulas de la misma concentración de sal presentan diferencias en la proporción de carne de res y cerdo, manteniendo constante la carne de pollo (CDM). Los diferentes tratamientos se muestran en el Cuadro V.

Cuadro V. Formulaciones para la elaboración del salchichón de cada tratamiento.

Ingrediente	Tratamiento					
	12R12C/ Alta sal	4R20/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
Carne de Res (%)	12,00	4,00	20,00	12,00	4,00	20,00
Carne de Cerdo (%)	12,00	20,00	4,00	12,00	20,00	4,00
Tocino (%)	14,74	14,74	14,74	14,74	14,74	14,74
Concentrado de proteína de soya ¹ (%)	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32
CDM (%)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Emulsión de pellejo (%) ²	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Agua helada (%)	25,68	25,68	25,68	25,68	25,68	25,68
Almidón de papa (%)	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26
Los siguientes ingredientes se agregan sobre la base anterior						
Sal de cura (6,5% NaNO ₂) ³ (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cloruro de sodio (%)	2,05	2,05	2,05	1,60	1,60	1,60
Tripolifosfato de sodio (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Eritorbato de sodio (%)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Condimentos varios	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

¹Concentrado de soya (70 % proteína), se hidrata 1:2. ²Se compone de: 44,44 % pellejo, 44,44 % agua y 11,11 % proteína de soya aislada ³Nivel máximo 125 ppm NO₂⁻ según RTCR 411-2008. R: carne de res y C: carne de cerdo.

Se procuró mantener un nivel de proteína constante, a dos de los lotes analizados se les hizo análisis proximal para corroborar que se cumpliera esta premisa (ver Cuadro XVII), donde las seis formulaciones contienen la misma cantidad de carne a un 24 % (variando la fuente) y se mantuvieron constantes las otras materias primas que aportan proteína; para obtener un total de aproximadamente 12 % de proteína, donde más del 51 % proviene de fuente no adicionada, es decir, de la carne, como lo estipula el Reglamento Técnico de Costa Rica para embutidos (MEIC-MAC, 2008). Se realizó este balance en las formulaciones para disminuir las variaciones en las matrices y lograr potenciar el efecto del aporte de cada tipo de carne y el efecto de la diferencia en el contenido de sal.

4.4. Descripción del proceso de elaboración de salchichón

4.4.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichón

A continuación se presenta el diagrama de flujo empleado en la elaboración de salchichón para los diferentes tratamientos, el cual se adaptó de Fernández-Saenz (2012).

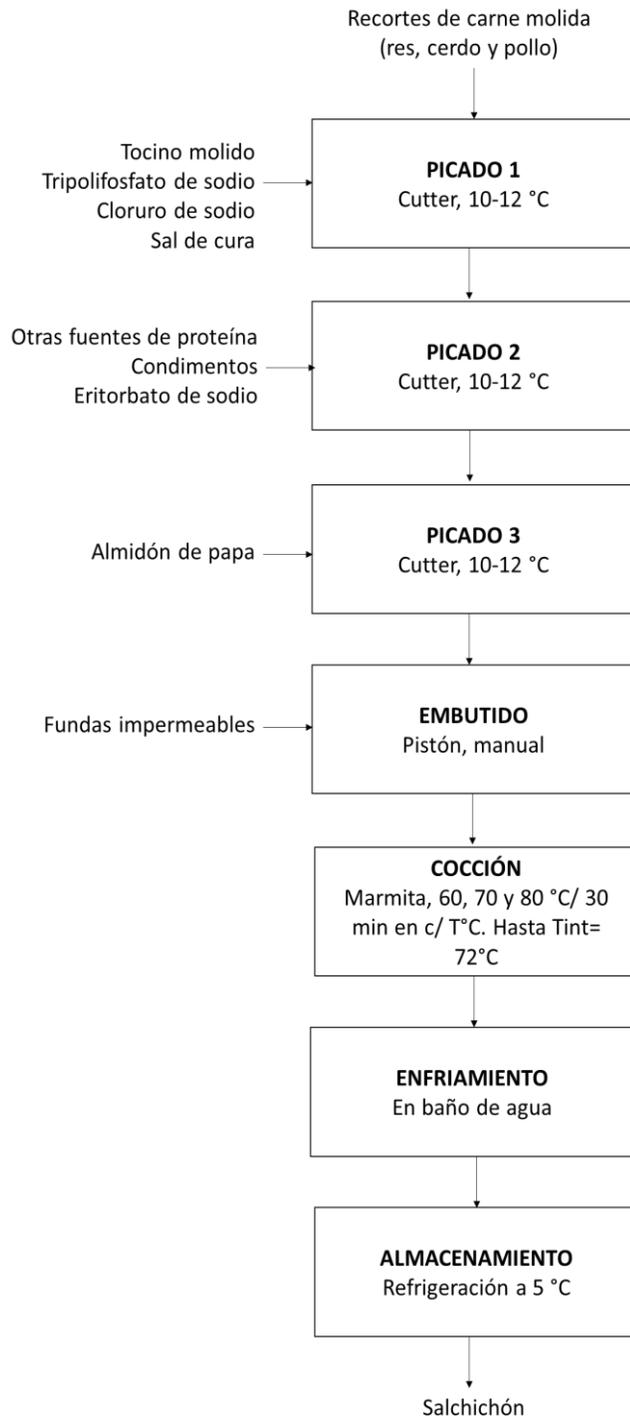


Figura 4. Flujo de proceso para la elaboración de salchichón.

4.4.2. Descripción de las etapas del proceso de elaboración de salchichón

- **Picado 1, 2 y 3**

En una *cutter* de 10-12 °C, se colocó la carne de res, cerdo y CDM, junto con la sal, la sal de cura, el tripolifosfato de sodio y la mitad del agua helada, hasta generar una pasta homogénea.

Sobre dicha pasta se agregaron los condimentos, las otras fuentes de proteína que corresponden a cada formulación (proteína de soya aislada, emulsión de pellejo), la mitad restante de agua de la formulación y el eritorbato de sodio hasta volver a obtener una pasta homogénea.

Se incorporó a la mezcla el almidón de papa según la formulación hasta obtener una mezcla homogénea nuevamente.

Durante el picado se controló la temperatura para evitar que se supere los 10-12 °C.

- **Embutido**

Se embutió en fundas impermeables de poliamida prehidratadas con perímetro entre 113mm y 160mm

- **Cocción**

Se realizó la cocción por inmersión en marmitas de vapor, con agua caliente, de manera escalonada en tres etapas: 60, 70 y 80 °C; de tal manera que permaneció durante 30 minutos a cada temperatura, hasta alcanzar 72 °C en el punto frío, el cual se midió con un termómetro en el centro geométrico del salchichón, es decir, en la mitad de la circunferencia, con el fin de asegurar la inocuidad del producto (MEIC-MAG, 2008).

- **Enfriamiento**

Se realizó un enfriamiento rápido por inmersión en agua con hielo, para evitar la proliferación de microorganismos termorresistentes y detener la cocción, hasta alcanzar una temperatura de 30 °C.

4.5 Comparación del efecto de distintas proporciones de carne de res y cerdo y el contenido de sal sobre el sabor salado de salchichón.

Se hicieron pruebas preliminares para definir si la variación entre las formulaciones se debía únicamente al sabor salado o no se podía definir. Se encontró que había una variación del sabor salado y por eso se escogió hacer pruebas 2-AFC.

Se realizaron tres pruebas de discriminación 2-AFC para determinar si existía diferencia en la intensidad del sabor salado, para cada nivel de la proporción de carne de res y cerdo. Se compararon las muestras de cada formulación con concentraciones de 2,05 % y 1,60 % de contenido de sal.

Para ello los pares del 2-AFC estaban compuestos por las formulaciones que se detallaron en el Cuadro VI, de tal forma que en un primer panel se compararon las muestras de salchichón con y sin reducción de sal, con la misma proporción de carne de res y cerdo. Además en un segundo y tercer panel, se compararon formulaciones con el mismo contenido de sal, pero con variación en la proporción de carne de res y cerdo, lo cual se observa con mejor detalle en el siguiente cuadro.

Cuadro VI. Presentación de las muestras servidas en las pruebas 2-AFC.

Panel	Set	Muestra 1	Muestra 2
1	1	12R12C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal
	2	4R20C/ Alta sal	4R20C/ Baja sal
	3	20R4C/ Alta sal	20R4C/ Baja sal
2	1	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal
	2	12R12C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal
	3	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal
3	1	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal
	2	12R12C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
	3	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal

R: res, C: cerdo.

Se analizaron los resultados de las pruebas de discriminación con la prueba binomial, para determinar si los panelistas encontraban diferencias en la intensidad del sabor salado. Además, se calcularon los valores de d' empleando datos tabulados (Ennis *et al.*, 2014)

Con el objetivo de determinar la aceptación por parte de los consumidores, se realizó una prueba de agrado tanto en salchichón con contenido regular de sal como en reducido, con un diseño irrestricto aleatorio con siete niveles. Se evaluaron las muestras que correspondían a los seis tratamientos analizados y una muestra de marca comercial, la cual cumplió la función de control. Este salchichón comercial se escogió, debido a que en su etiqueta declara la presencia de carne de cerdo, res, pollo y proteína de soya dentro de sus ingredientes.

4.6 Evaluación del efecto de las distintas proporciones de carne de res y cerdo y la reducción de sal, sobre la textura, color y estabilidad de la emulsión.

Para determinar el efecto de la proporción de carne de res y cerdo y la reducción de sodio sobre la estabilidad de la emulsión, la textura y el color en salchichón se empleó un diseño de bloques completos al azar (tres lotes de proceso) con un arreglo factorial completo de dos factores: concentración de sal a dos niveles (2,05 y 1,60 %) y la proporción carne res/cerdo a 3 niveles (media/media, baja/alta y alta/baja), de manera que se compararon 6 tratamientos correspondientes a cada una de las formulaciones. Las variables respuesta fueron estabilidad de la emulsión, la textura y el color en salchichón. Los valores de reducción de sodio escogidos eran 2,05 % para el salchichón regular o sin reducción de sal y 1,60 % para la muestra reducida en sal. Estos porcentajes se basaron en los resultados de Hernández-Campos (2017), quien utilizó el umbral de diferencia o JND (por sus siglas en inglés), empleando el método de estímulo constante y disminuyendo el cloruro de sodio por debajo de éste, en un embutido poco extendido.

4.7 Métodos de análisis

4.7.1. Prueba de discriminación

En el panel 1 se presentó una bandeja con 3 sets o pares; cada par estaba constituido por muestras con igual proporción de carne de res y cerdo, una muestra con reducción de sal y sin reducción (ver Cuadro VI). En el panel 2 se presentó una bandeja con 3 sets, donde ambas

muestras del par eran altas en sal y la variante es la proporción de carne. Este panel se hizo con el objetivo de determinar si el tipo de carne ejerce un factor potenciador del sabor salado. En el panel 3 se realizó el mismo procedimiento del panel 2, pero comparando los tratamientos bajos en sal entre sí. Estos dos últimos paneles se hicieron con el objetivo de determinar si el tipo de carne ejerce un factor potenciador del sabor salado y si se mantenía al reducir la sal.

Para cada uno de los tres paneles se realizó una prueba 2-AFC con 30 panelistas no entrenados, consumidores de productos cárnicos, se empleó una potencia de prueba de 95 %, con un α de 0,05 con un grado de diferencia (d') de 1,20 para calcular el número de panelistas (Ennis *et al.*, 2014). La recolección de los resultados se realizó mediante el software Fizz System.

Las muestras de 1 cm de espesor se calentaron en plancha para asar eléctrica (Oster) , a una temperatura de 80 °C (medida con termómetro) por 2,5 min cronometrados, por cada lado. Todas las muestras se sirvieron hasta alcanzar la temperatura ambiente (~23 °C). Se presentaron los trozos de salchichón de la misma forma (tamaño del trozo y temperatura), de manera que la presentación no afectara la evaluación que realizó el panelista.

Los panelistas debían juzgar simultáneamente entre cada par de muestras y escoger el salchichón que se percibía más salado. Las muestras se presentaron codificadas con números aleatorios de 3 dígitos y se colocaron de manera balanceada. Además se realizaron enjuagues de una solución de etanol 3 % entre cada par de muestras para limpiar la grasa del paladar, y otro enjuague con agua desionizada para limpiar el enjuague anterior, así como un tiempo de espera de 20 s entre cada enjuague (para restaurar la saliva), con el fin de evitar el efecto de acarreamiento de las muestras anteriores.

Los panelistas llevaron a cabo la prueba en cubículos separados, provistos con luz roja (los embutidos presentaban colores un poco diferentes a causa de las diferentes proporciones de carne de res y cerdo), ventilación adecuada para evitar olores extraños, que causaran distracciones e indujeran a errores en la realización de la prueba. Asimismo se trabajó manteniendo normas de higiene adecuadas en todo momento, para salvaguardar la salud del

panelista. A los participantes se les explicó en qué consistía la prueba y el tipo de productos que probarían, seguido de lo cual firmaron el consentimiento informado.

4.7.2. Prueba de agrado

La prueba de agrado se realizó con un grupo conformado por 112 consumidores.

Las muestras se prepararon de la misma forma que en las pruebas de discriminación. Los panelistas realizaron la prueba en cubículos individuales con luz roja, ya que no se quería que compararan las variaciones en color.

Cada bandeja se presentó con siete muestras de salchichón rotuladas con números aleatorios de tres dígitos.

Se utilizó una escala hedónica híbrida de 10 puntos, con leyendas en los extremos para medir el agrado general; donde 0 representa “me disgusta extremadamente”, 5 “ni me gusta ni me disgusta” y 10 “me gusta extremadamente”, la cual se muestra en la Figura 5. Se utilizó el software Fizz System para la recolección de los datos.



Figura 5. Escala hedónica lineal para del agrado general de salchichón.

4.7.3. Prueba de corte

Se realizó una prueba de corte instrumental a las seis muestras de salchichón. Las mediciones se efectuaron con el Texturómetro TA.XTPlus de Stable Microsystem y se analizaron con el software Exponent versión 6.1.10.0. Se utilizaron tajadas de salchichón de 4,5 cm de longitud, se cortaron con una cuchilla Warner-Bratzler plana y se penetraron una distancia de 30 mm a una velocidad de prueba de 1,5 mm/s. Se realizaron tres mediciones por cada repetición de los tratamientos evaluados, para un total de nueve mediciones por tratamiento.

4.7.4. Análisis de perfil de textura

Se realizó el análisis de perfil de textura (TPA), para lo cual también se empleó el Texturómetro TA.XTPlus de Stable Microsystems usando una celda de carga de 50 kg. Los

datos se analizaron con el software Exponent versión 6.1.10.0. Se utilizaron muestras de salchichón de 2 cm de longitud, a temperatura ambiente; éstas se comprimieron 50 % (1 cm) en un doble ciclo, a velocidad de pre-prueba, prueba y post-prueba de 2 mm/s (Chin *et al.*, 2004), con una celda cilíndrica de 50 mm, un período de 5 s entre cada compresión y una fuerza de gatillo de 40 g (García & Totosaus, 2007). Se llevaron a cabo tres mediciones por repetición, de los seis tratamientos analizados, para un total de nueve mediciones por tratamiento.

4.7.5. Prueba de color

La medición instrumental del color de las diferentes muestras de salchichón se realizó por triplicado para cada repetición de los tratamientos estudiados, mediante el colorímetro Hunter Lab modelo ColorFlex®, con un ángulo de observación de 10° y el iluminante D65. Para analizar las muestras se trituró el salchichón en un procesador de alimentos hasta obtener una pasta homogénea. Seguidamente, se colocó la pasta en cápsulas de poliestireno claro, evitando dejar espacios vacíos que alteran la medición del color. Se midieron las siguientes variables: luminosidad (L*), rojo-verde (a*), amarillo-azul (b*) y se determinaron: cromaticidad o pureza del color (C*) y ángulo de tono o tonalidad (h°) (Hunterlab, 2013; García & Totosaus, 2007, Chacón & Pineda, 2009).

4.7.6. Prueba de estabilidad de la emulsión

Se determinó por triplicado la estabilidad de emulsión de las distintas formulaciones según los métodos descritos por Choi *et al.* (2015) y Choi *et al.* (2007) con algunas modificaciones. En tubos centrífugos de 50 mL se agregaron 25 g de pasta cruda, se centrifugaron a 2500 rpm durante 1 min para eliminar burbujas de aire. Posteriormente, se colocaron los tubos en un baño de agua a 20 °C por 10 min para estabilizar todas las muestras a la misma temperatura. Una vez transcurrido el tiempo, se colocaron los tubos en un baño de agua caliente 60 °C, 70 °C y 80 °C y se cocieron por 30 min a cada temperatura, para alcanzar una temperatura interna de 72 °C.

Después de la cocción se midió el volumen de agua y grasa separada en cada tubo con una probeta de 5 mL y la estabilidad de la emulsión se calculó como se muestra a continuación:

$$\text{Estabilidad de la emulsión(\%)} = \frac{\text{Masadepastacruda(g)} - \text{Volumendefluidoliberado(mL)}}{\text{Masadepastacruda(g)}} * 100 \quad [1]$$

4.7.7. Análisis químico

Se realizó un análisis proximal donde se evaluó humedad, cenizas, grasa, proteína, sodio y carbohidratos. Se emplearon los métodos de la AOAC que se presentan en el Cuadro VII, se analizaron por duplicado (repetición 1 y 2).

Cuadro VII. Métodos de análisis utilizados para determinar la composición química de los diferentes tratamientos de salchichón.

Componente	Método de análisis
Humedad	AOAC 950.46 ^a
Cenizas	AOAC 920.153
Grasa	AOAC 960.39
Proteína	AOAC 928.08
Sodio	AOAC 985.35
Carbohidratos	Por diferencia

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comparación del efecto de distintas proporciones de carne de res y cerdo y el contenido de sal, sobre el sabor salado de salchichón reducido en sal y regular.

Se realizó una prueba de escogencia forzada 2-AFC para determinar el efecto de la reducción de sodio en tres tipos de salchichón, donde participaron 30 panelistas no entrenados, que eran consumidores de embutidos. Se muestran los resultados en el Cuadro VIII.

Cuadro VIII. Aciertos, cantidad mínima de aciertos, probabilidad asociada y valor d' para la prueba de discriminación 2-AFC realizada en salchichón con contenido regular de sal (2,05 %) y reducido (1,60 %), con un nivel de confianza del 95 %.

Prueba		Cantidad de aciertos	Aciertos mínimos para significancia ^a	Probabilidad ^a	d' Ennis ^b
12R12C/Alta sal	12R12C/Baja sal	26	20	<0,001	1,58
4R20C/Alta sal	4R20C/Baja sal	26		<0,001	1,58
20R4C/Alta sal	20R4C/Baja sal	23		0,003	1,03

^aRoessler *et al.* (1978). ^bEnnis *et al.* (2014).

Al observar los resultados que se presentan en el cuadro anterior se puede determinar que hubo diferencias significativas en el sabor salado entre cada par de muestras de salchichón evaluadas, lo cual implicó que los panelistas percibieron la diferencia en el contenido de sal, ya que se requería un mínimo de 20 aciertos al emplear un panel de 30 y en el panel realizado superó dicho valor (Roessler *et al.*, 1978).

Se esperaba que los jueces no percibieran la diferencia, ya que los valores de reducción de sal evaluados se validaron en la investigación realizada por Hernández-Campos (2017), donde empleó el método de estímulo constante para determinar el umbral de diferencia o JND, con lo cual logró una reducción hasta 1,60 %, respecto a salchichón con 2,05 % sin que

se percibiera diferencia. No obstante, Hernández-Campos (2017) validó el umbral empleando solo una formulación de salchichón, que solo contenía res y cerdo, con 47,36 % de carnes en total, siendo posible que la matriz empleada permita intensificar la percepción de la intensidad del sabor salado.

Asimismo, es importante tomar en cuenta que Hernández-Campos (2017), empleó una formulación con proporciones iguales de carne de res y cerdo (23,68 %), más altas que las empleadas en la presente investigación, y sin CDM ni emulsión de pellejo. El uso de estos ingredientes pudo afectar la percepción del sabor salado o la capacidad potenciadora del sabor de las carnes de res y cerdo. Es importante considerar que las diferencias encontradas no son causadas por variaciones en el contenido total de proteína, ya que se procuró estandarizarlo y se observa en el análisis de varianza (ver Cuadro XVIII) que no hay diferencias significativas para este componente.

Se calculó el valor d' , obtenido de las tablas de Ennis *et al.* (2014), para lo cual se determinó la proporción de respuestas correctas respecto al total de panelistas. Se nota que los pares con mayor contenido de carne de cerdo (tratamientos 12R12C/ Alta sal-12R12C/ Baja sal y 4R20C/Alta sal-4R20C/Baja sal) generaron d' mayores, es decir que las muestras se percibieron con mayor diferencia en el sabor salado. Este comportamiento pudo deberse a la composición de la carne de cerdo, la cual posee menor nivel de glutamato libre, comparada con la carne de res, pero mayor contenido de IMP y GMP y, se ha comprobado que ambos compuestos actúan sinérgicamente potenciando el sabor salado del embutido, pero en este caso con la carne de cerdo la sinergia fue menor (Macleod, 1994; Sugita, 2002; Schiffman, 2003).

Asumiendo que los estímulos son percibidos en una escala, el efecto potenciador de la carne de cerdo permitió que el estímulo del sabor salado de los tratamientos 12R12C/Alta sal-12R12C/ Baja sal y 4R20C/Alta sal-4R20C/Baja sal se ubiquen en una zona baja de la escala, ocasionando que los estímulos se percibieran con menor intensidad al compararse el contenido regular contra el reducido de sal, y por consiguiente, sean más distinguibles (Angulo & O'Mahony, 2009). El que tuvo mayor contenido de carne de res (20R4C) presentó un d' cercano a 1, que se considera como el umbral, es decir los consumidores apenas

empiezan a percibir la diferencia, por lo que la carne de res parecía ayudar a que el contenido regular de sal no fuera muy diferente de contenido reducido de sal en este salchichón.

Cabe destacar que el contenido de grasa es un factor que interviene en la percepción del sabor salado, según Chabanet *et al.* (2013) se ha encontrado que en embutidos con menor contenido de grasa la intensidad del sabor salado se percibe en menor medida. Este resultado coincide con lo encontrado en esta investigación, ya que las formulaciones con mayor contenido de carne de cerdo contienen significativamente mayor cantidad de grasa (ver Cuadro XVIII) y como se mencionó anteriormente, estas formulaciones presentaron d' más altos, por lo que los estímulos son más distinguibles. El estudio realizado por Hernández-Campos (2017), evaluó este comportamiento sin encontrar diferencias significativas en el sabor salado en salchichón reducido en grasa, no obstante, se debe considerar que en dicha investigación se utilizaron embutidos con 47,36 % de carne de res y cerdo, es decir, 23,36 % más que en el presente estudio.

Para corroborar si el tipo de carne ejerció un efecto significativo sobre la percepción del sabor salado se presentan los resultados de otros dos paneles de 30 personas cada uno, donde se compararon muestras con el mismo contenido de sal, pero diferentes formulaciones, es decir, con diferentes proporciones en el tipo de carne. Se muestran los resultados en los Cuadros IX y X.

Cuadro IX. Aciertos, cantidad mínima para significancia, probabilidad asociada y valor d' para la prueba de discriminación 2-AFC realizada en salchichón con contenido regular de sal (2,05 %) y diferentes proporciones de carne de res y cerdo.

Número de par	Muestras	Número de panelistas que escogieron la muestra como más salada	Cantidad mínima para significancia ^a	Probabilidad ^a	d' Ennis ^b
1	12R12C/Alta sal	12	20	0,362	0,36
	4R20C/Alta sal	18			
2	12R12C/Alta sal	19	20	0,200	0,47
	20R4C/Alta sal	11			
3	4R20C/Alta sal	14	20	0,856	0,11
	20R4C/Alta sal	16			

^aRoessler *et al.*, 1978. ^bEnnis *et al.*, 2014.

Al presentarle a los panelistas muestras con el mismo contenido de sal alto (regular), pero diferentes formulaciones, es decir, diferentes proporciones de carne de res y cerdo, no se obtienen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95 %, es decir, las muestras se percibieron similares (Roessler *et al.*, 1978).

Los valores de d' (Cuadro IX) fueron muy pequeños para los 3 pares, lo que indica que la percepción del sabor salado costó diferenciarlo sin importar la proporción de carne de res y cerdo utilizadas, permitiendo concluir que la intensidad del sabor salado de estas muestras se percibe similar entre sí (Macleod, 1994; Sugita, 2002).

En el Cuadro X se muestra el mismo análisis con una cantidad de sal reducida (baja) usando las mismas formulaciones.

Cuadro X. Aciertos, cantidad mínima para significancia, probabilidad asociada y valor d' para la prueba de discriminación 2-AFC realizada en salchichón con contenido reducido de sal (1,60 %) y diferentes proporciones de carne de res y cerdo.

Número de par	Muestras	Número de panelistas que escogieron la muestra como más salada	Cantidad mínima para significancia ^a	Probabilidad ^a	d' Ennis ^b
1	12R12C/Baja sal	14	20	0,856	0,12
	4R20C/Baja sal	16			
2	12R12C/Baja sal	14	20	0,856	0,12
	20R4C/Baja sal	16			
3	4R20C/Baja sal	15	20	>0,856	0,00
	20R4C/Baja sal	15			

^aRoessler *et al.*, 1978. ^bEnnis *et al.*, 2014.

Las pruebas de 2-AFC no presentaron diferencias significativas en los 3 pares de salchichón presentados, ya que ninguna muestra fue escogida por al menos 20 panelistas (Roessler *et al.*, 1978) y el nivel de confianza fue al menos de 86%. No hubo efecto de las proporciones de carne de res y cerdo, al emplear la misma concentración baja o reducida de sal, correspondiente a 1,60 %, sobre el sabor salado.

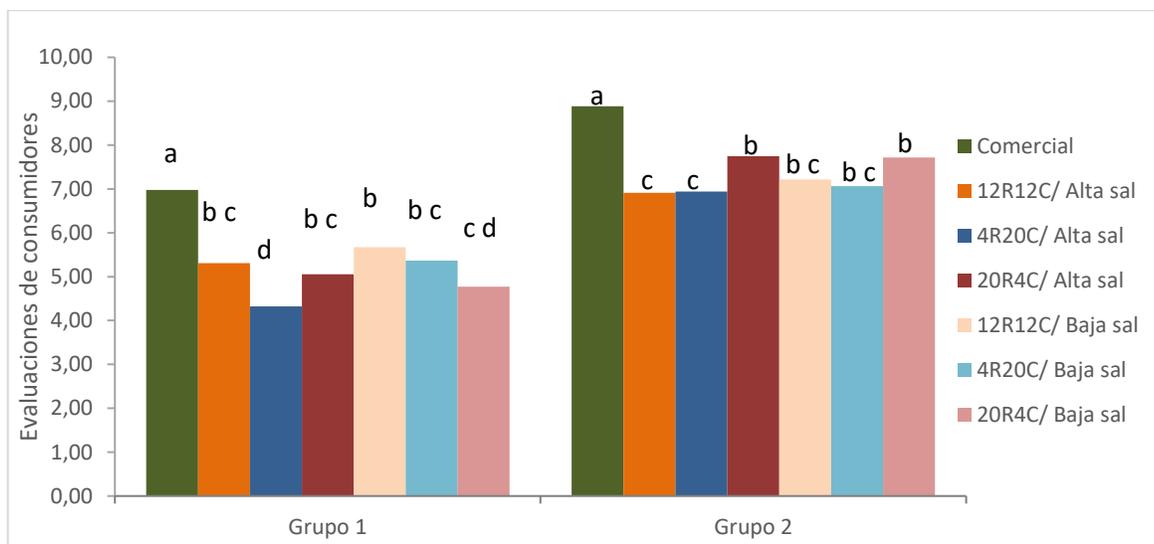
Al ser una prueba de dos colas (no se sabía cuál muestra podría ser más salada) y dos muestras, se posee el 50 % de probabilidad de escoger cualquiera de las muestras del par analizado, lo que se puede observar en los resultados obtenidos, donde la mayoría de muestras fueron escogidas por la mitad de los panelistas, siendo esto un efecto del azar (Roessler *et al.*, 1978, Angulo & O'Mahony, 2009).

De esta forma se puede determinar que la cantidad total de carne de res y cerdo en la formulación afectó la percepción del sabor salado y no la proporción de las mismas, debido a que en la investigación de Hernández-Campos (2017) se comparó el estímulo constante contra formulaciones reducidas en sal y no se obtuvieron diferencias significativas; es decir, los panelistas no perciben la diferencia en la cantidad de sal adicionada, mientras en la actual

investigación los jueces fueron capaces de identificar la diferencia cuando se presentaron muestras con 2,05% y 1,60% de sal. Una menor cantidad de carne y la presencia de sabores más simples como emulsión de pellejo y CDM hizo que la reducción de sal no se compensara y que el sabor salado dependiera más del cloruro de sodio que de sabores más complejos que aporta la carne (Malherbe *et al.*, 2003). No obstante, no identificaron diferencias cuando las muestras contienen la misma cantidad de sal, pero diferentes proporciones de carne de res y cerdo, por lo que el factor de la proporción de carne no fue significativo.

Dado que en el primer panel se encontraron diferencias significativas (Cuadro VIII), se procedió a evaluar el agrado general de los seis tipos de salchichón elaborados y un salchichón comercial, por parte de 112 consumidores. Se encontraron 2 segmentos de consumidores (análisis de conglomerados) principales, los cuales se aprecian en la Figura 8 de la sección de Anexos.

El análisis de conglomerados permite observar la formación de dos grupos o *clusters*, basados en el agrado general de los consumidores. El grupo 1 contiene 70 personas, de un panel de 112 personas, mientras el grupo 2 está conformado por las 42 personas restantes, que se analizaron por aparte como se muestra en la Figura. 6.



Niveles conectados por letras diferentes entre grupos son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Figura 6. Comparación de medias con la prueba t-Student de las calificaciones brindadas por 112 consumidores en la evaluación de agrado general, realizada para los diferentes tratamientos de salchichón y una marca comercial.

El grupo 1 presentó evaluaciones más bajas de agrado, que rondan la zona central de la escala, mientras en el grupo 2, las evaluaciones fueron más altas y se aproximaron al extremo final de la escala. Este comportamiento puede deberse a dos razones: los consumidores del grupo 1 realmente perciben el salchichón con menor nivel de agrado y, por lo tanto, el grupo 2 con un nivel mayor y la otra razón se le atribuye al uso idiosincrático de la escala, donde los panelistas del grupo 1 tendían a usar la zona central y los jueces del grupo 2 emplearon el extremo final (Villanueva *et al.*, 2005).

Además, se observa que se presentó mayor agrado por la muestra de salchichón comercial en los dos grupos, a pesar de haber presentado un producto con una formulación similar a las realizadas en la presente investigación, que contenía: carne de res, cerdo, pollo y proteína de soya. No obstante, el agrado del embutido depende en gran medida de la proporción y calidad de los condimentos, contenido de grasa, así como el método seguido para su elaboración (Baer, 2012). El hecho de que ambos grupos asignaron los mayores valores de agrado al embutido comercial, ayudó a interpretar la escala de agrado

ya que este producto se comercializa en el mercado costarricense y tuvo buena aceptación. El producto empleado no reporta la información nutricional total, por lo que no fue posible realizar la comparación del producto comercial y el elaborado según el contenido de sodio.

Los resultados de la comparación de medias indicaron que en el grupo 1 los tratamientos con contenido regular de sal y sus homólogos reducidos en sal, sólo el tratamiento 4R20C/ Alta sal y 4R20C/ Baja sal presentaron diferencias significativas de agrado ($p \leq 0,05$) y la muestra baja en sal fue evaluada con mayor agrado en este par. En cuanto a las proporciones 12R12C y 20R4C no se presentaron diferencias significativas, a pesar de que en la prueba 2-AFC (ver Cuadro VIII) los jueces lograron identificar las diferencias en el contenido de sal, esto no pareció ser un factor concluyente para evaluar el agrado de dichos tratamientos.

En el grupo 1 los resultados no presentaron una tendencia de agrado por alguna proporción de carne de res/cerdo, ya que en los tratamientos con alto contenido de sal (2,05 %) el tratamiento con menor agrado corresponde a 4R20C (poca carne de res), mientras en las formulaciones con bajo contenido de sal (1,60 %) el tratamiento con menor agrado es 20R4C y entre ambos tratamientos no se obtuvieron diferencias significativas, a pesar de que éstos presentaban diferentes proporciones de carne de res y cerdo. Los demás tratamientos del grupo 1 no presentaron diferencias significativas entre sí. Tomando en cuenta los resultados de las pruebas 2-AFC efectuadas en el segundo y tercer panel sensorial, donde los jueces no logran percibir diferencias significativas en el sabor salado, se puede determinar que los panelistas no evalúan el agrado del salchichón sólo por su sabor salado, toman en cuenta diferentes características del producto como otros sabores del embutido, textura y apariencia general.

Los resultados del grupo 2 permitieron evidenciar que los tratamientos con mayor agrado (después del salchichón comercial) corresponden a 20R4C/ Alta sal y 20R4C/ Baja sal, donde ambos contienen mayor proporción de carne de res, no obstante, éstos no presentaron diferencias significativas en el sabor salado con el tratamiento 12R12C/ Baja sal y 4R20C/ Baja sal. De esta forma, se observa que los consumidores evalúan de mejor forma los productos con alto contenido de carne de res y formulaciones con bajo contenido

de sal. La escogencia de embutidos con mayor proporción de carne de res se puede asociar al sabor que aporta esta carne, donde la combinación de compuestos del sabor activos, potenciadores del sabor y componentes del aroma, brindan notas cárnicas que son preferidas por los consumidores (Macleod, 1994).

Tomando en cuenta los resultados del análisis proximal (ver sección Anexos, Cuadro XVIII) se identificó que la proporción de carnes 20R4C presentó el menor contenido de grasa, siendo la diferencia estadísticamente significativa con las proporciones 12R12C y 4R20C ($p \leq 0,05$); lo que pudo ser un posible factor para que los consumidores evalúen estas muestras con un nivel de agrado mayor, pues como reporta Tobin *et al.* (2013) en un estudio que evalúa niveles de grasa diferentes en salchichas, existe preferencia por los productos con menor contenido de grasa, pero sin presentar diferencias significativas. El mismo autor reporta que se encuentran diferencias en la aceptabilidad de estos productos cuando se reduce el contenido de sal a menos de 1 %.

5.2. Evaluación del efecto de las distintas proporciones de carne de res y cerdo y la reducción de sal, sobre la textura, color y estabilidad de la emulsión.

A continuación se muestran los resultados de la prueba de corte, realizada mediante una cuchilla Warner-Bratzler.

Cuadro XI. Probabilidad asociada al análisis de varianza para del ensayo de fuerza de corte elaborado mediante la prueba de corte, empleando una cuchilla Warner-Bratzler.

Efecto	g.l.	Probabilidad *	Promedios
Proporción de res/cerdo	2	0,1257	81,17-106,82
% Sal	1	0,7398	93,31-102,05
Proporción de res/cerdo*% sal	2	0,6632	79,88-114,94

*Probabilidad $\leq 0,05$ indica diferencias significativas.

Se realizó una prueba de corte Warner-Bratzler, se muestran los resultados del análisis de varianza en el Cuadro XI. Al evaluar el efecto de la proporción de carne de res/cerdo se notó que no se obtuvieron diferencias significativas, dado que la probabilidad obtenida fue superior a 0,12. No obstante, se esperaba obtener diferencias significativas en este parámetro,

ya que algunos autores describen que la adición de carne de res aporta dureza al embutido, por lo que también aumenta la fuerza de corte (Feiner, 2006; Gadiyaram & Kannan, 2004).

En cuanto al efecto del contenido de sal sobre la fuerza de corte se notó que tampoco se obtuvo diferencias significativas ($p > 0,05$). Este resultado es importante, pues permitió la reducción del contenido de sal en más del 15 % propuesto por la industria cárnica en el Plan Nacional de Reducción de Sodio sin que se afectara una característica textural de relevancia como es la fuerza de corte (Fernández, 2014).

De seguido se muestran los resultados del análisis de perfil de textura (TPA) realizado a los salchichones, en el Cuadro XII se encuentran los resultados del análisis de varianza, en el Cuadro XIII la prueba de Tukey realizada a la variable dureza, gomosidad y cohesividad y por último los promedios de dureza para el efecto contenido de sal en el Cuadro XIV.

Cuadro XII. Probabilidad asociada del análisis de varianza para el ensayo de perfil de textura (TPA), con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Efecto	g.l	Dureza	Adhesividad	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad	Gomosidad
Proporción de res/cerdo	2	< 0,0001*	0,5269	0,3794	0,0543*	0,6045	0,0047*
% Sal	1	0,0203*	0,2966	0,2244	0,2394	0,6806	0,3346
Proporción de res/cerdo*% sal	2	0,0954	0,8844	0,3786	0,2548	0,9315	0,5057

*Probabilidad $\leq 0,05$ indica diferencias significativas.

Cuadro XIII. Comparación de medias con la prueba de Tukey para el parámetro de dureza, gomosidad y cohesividad obtenido mediante TPA según el efecto de la proporción de carne de res y cerdo, con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$

Proporción de carnes¹	Dureza (N)²	Gomosidad (N) ²	Cohesividad²
12R12C	105,0457 ^a	44,0727 ^b	0,5190 ^b
4R20C	81,1763 ^b	58,2839 ^a	0,5452 ^{a, b}
20R4C	106,8245 ^a	62,0952 ^a	0,6024 ^a

R: res, C: Cerdo. ² Letras diferentes expresan diferencias significativas.

Cuadro XIV. Promedios de dureza obtenidos mediante el ensayo TPA para los tratamientos con bajo y alto contenido de sal.

Porcentaje de sal (%)	Promedio (N)
1,6	93,3149
2,05	102,0494

El análisis de varianza realizado a las variables del perfil de textura, permite determinar diferencias significativas en la proporción de carne de res/cerdo para la variable dureza. Se observa en los resultados de la prueba de Tukey (ver Cuadro XIII), que los embutidos con menor contenido de carne de res (4 %) presentan los valores más bajos de dureza, lo que se respalda descrito por algunos autores, los cuales han determinado que la adición de carne de res genera embutidos con niveles altos de dureza (Feiner, 2006; Gadiyaram & Kannan, 2004).

Asimismo, se obtienen diferencias significativas en la variable dureza al evaluar el efecto del contenido de sal, donde los tratamientos con 2,05 % de sal, mostraron valores de dureza más altos, lo cual se observa en el Cuadro XIII donde se muestra la prueba de Tukey. Este resultado coincide con lo que indica la literatura; la presencia de sal permite la solubilización de las proteínas miofibrilares de la carne y brinda embutidos más firmes (Tobin *et al.*, 2012; Cluff *et al.*, 2017).

Cabe destacar que algunos autores como Cluff *et al.* (2017), indican que la reducción en el contenido de sal causa una diferencia significativa en la dureza de los embutidos, en dicho estudio se analiza el efecto del almacenamiento en mortadela tipo Polonia o Bologna, durante

180 días, determinando que los tratamientos con menor contenido de sal generan embutidos con mayor dureza justo después de su elaboración, sin embargo, su estabilidad disminuye con el tiempo de almacenamiento, lo cual sucede porque en emulsiones cárnicas con baja fuerza iónica ($< 0,5 \text{ M}$) las moléculas de miosina se autoensamblan en filamentos largos y si estos filamentos son suficientemente largos, se genera un gel más firme y uniforme, mientras que a altas concentraciones de fuerza iónica ($> 0,5 \text{ M}$) se colocan en monómeros dispersos, obteniéndose un gel más grueso, el cual podrá ser menos firme, pero más estable en el almacenamiento. Debido a que la medición de textura de los salchichones evaluados en esta investigación se realizó aproximadamente una semana posterior a su elaboración, se desconoce el efecto que podría tener el almacenamiento sobre este producto.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de corte Warner-Bratzler y la prueba TPA no coinciden, pues en la primera no se obtuvieron diferencias significativas. Esto se debe a que ambas pruebas tienen fundamentos distintos, ya que en TPA se mide la dureza en el primer mordisco, simulando la mordida entre las muelas (Ruiz, 2005). Mientras la prueba Warner-Bratzler, mide la fuerza de corte, simulando arrancar un trozo del embutido con los dientes delanteros (Juárez *et al.*, 2012). No obstante, los resultados obtenidos mediante TPA, coinciden con los encontrados en otras investigaciones, donde el efecto de la disminución en el contenido de sal afecta variables texturales como la dureza (Totosaus, 2007a).

Cuando se analiza el efecto sobre la gomosidad, se observa que se generaron diferencias significativas debido a la proporción de carne de res y cerdo; donde los tratamientos con mayor gomosidad fueron los que contenían 20R4C, seguido de 4R20C y 12R12C. Este resultado no evidenció que el tipo de carne generó embutidos con mayor o menor gomosidad, ya que no se observó una tendencia definida hacia algún tipo. No obstante, se puede observar que al presentar diferentes proporciones de carne de res y cerdo (20 % y 4 % o viceversa), se obtuvieron embutidos más gomosos, lo cual implica que se requiere más energía para desintegrar el alimento hasta ser deglutido (Ruiz, 2005).

Los resultados del análisis de varianza indican que se obtuvieron diferencias significativas, para la variable cohesividad ($p \leq 0,05$). Al aplicar la prueba de Tukey se observa que los tratamientos 20R4C presentaron el valor más alto, lo cual implica que las fuerzas que

ejercen los enlaces internos de este embutido fueron mayores (Ruiz, 2005). Por su parte, los tratamientos 4R20C no presentaron diferencias significativas con los tratamientos 20R4C ni 12R4C, presentando cohesividad media. Este resultado permite identificar que los salchichones que presentaron mayor contenido de carne de res, generan embutidos más firmes, que requieren mayor fuerza para ser deglutidos; lo cual puede asociarse con los resultados de la prueba de agrado, donde los salchichones con mayor cantidad de carne de res fueron mejor evaluados por los consumidores.

Las demás variables evaluadas mediante el perfil de textura (adhesividad, elasticidad y masticabilidad) no presentaron diferencias significativas, por lo que la variación en el contenido de sal y la proporción de carne de res y cerdo no afectaron estos parámetros. Al haberse estandarizado el contenido de proteína total, de tal forma que se presentara un nivel similar en los seis tratamientos y se mantuvieron constantes las demás materias primas; se puede asumir que las variables de contenido de sal y proporción de carne de res y cerdo fueron los únicos factores que podrían variar los resultados de las características evaluadas.

Es preciso señalar que para la elasticidad se esperaban diferencias significativas en el efecto de proporción de carne de res y cerdo, ya que la literatura describe que la presencia de carne de cerdo tiende a brindar embutidos más elásticos (Feiner, 2006; Gadiyaram & Kannan, 2004), por lo que se esperaría que los tratamientos 4R20C/ Alta sal y 4R20C/Baja sal presentaran niveles de elasticidad más altos, mas es probable que se requieran cantidades mayores de este tipo de carne para lograr observar el efecto descrito.

En el Cuadro XV se muestran los resultados del análisis de varianza realizado a la prueba de color.

Cuadro XV. Probabilidades asociadas al análisis de varianza para la prueba de color, expresado en las variables luminosidad (L*), cromaticidad (C), ángulo de la tonalidad (h°) y rango de promedios según efecto.

Parámetro	Efecto	g.l	Probabilidad	Rango de Promedio
L*	Proporción res/cerdo	2	0,2218	60,86-62,88
	% Sal	1	0,1280	61,19-62,65
	Proporción res/cerdo* %Sal	2	0,9347	60,30-63,83
C	Proporción res/cerdo	2	0,9767	19,27-19,33
	% Sal	1	0,0155*	18,96-19,64
	Proporción res/cerdo* %Sal	2	0,9831	18,96-19,70
h°	Proporción res/cerdo	2	0,1545	66,60-68,98
	% Sal	1	0,5715	68,26-69,18
	Proporción res/cerdo* %Sal	2	0,7823	66,26-71,77

* Probabilidad $\leq 0,05$ indica diferencias significativas.

En el Cuadro XV se puede observar que para la variable luminosidad (L*) no se presentan diferencias significativas en el contenido de carne de res/cerdo ni en el porcentaje de sal. Algunos autores indican que valores bajos de L* se asocian a embutidos con bajo contenido cárnico, no obstante, los obtenidos en esta investigación son más altos que los reportados en estas investigaciones (Cáceres *et al.*, 2004; Grigelmo-Miguel *et al.*, 1999). Por lo que este parámetro de color no se afecta directamente con el tipo de carne si no con el contenido total de carne, y cabe destacar que en la presente investigación se mantiene constante en los diferentes tratamientos, variando sólo la proporción de res y cerdo

La variable de cromaticidad (C) presenta diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para el efecto concentración de sal, presentando las muestras con mayor contenido de sal mayor intensidad en el color. Este resultado coincide con lo indicado por los autores Tobin *et. al* (2012) y Ventanas *et al.* (2010), donde se estudiaron salchichas tipo frankfurter y bologna respectivamente, obteniendo menor intensidad en el color general para los embutidos bajos en sal.

Por último al analizar el ángulo de la tonalidad ($^{\circ}h$) se observa que no hubo diferencias significativas ($p>0,05$). No obstante, los valores para los diferentes tratamientos no superan los 90° , por lo que van del color rojo a amarillo, acercándose más a rojo como es de esperar en este tipo de productos (Padrón *et al.*, 2012).

Cabe destacar que el efecto de la proporción de carne de res/cerdo no ejerció diferencias significativas en los tratamientos, por lo que a nivel industrial podrían emplearse las tres proporciones evaluadas sin afectar el color de los embutidos, siempre y cuando no se adicione otro componente que altere significativamente la coloración del producto.

A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza de la prueba de estabilidad de la emulsión (Cuadro XVI) y los promedios generales de los tratamientos según el contenido de sal (Figura 7).

Cuadro XVI. Probabilidades asociadas al análisis de varianza de la prueba de estabilidad de la emulsión.

Efecto	g.l.	Probabilidad
Proporción de res/cerdo	2	0,6023
% Sal	1	0,0570*
Proporción de res/cerdo*% sal	2	0,8140

* Probabilidad=0,06 indica diferencias significativas.

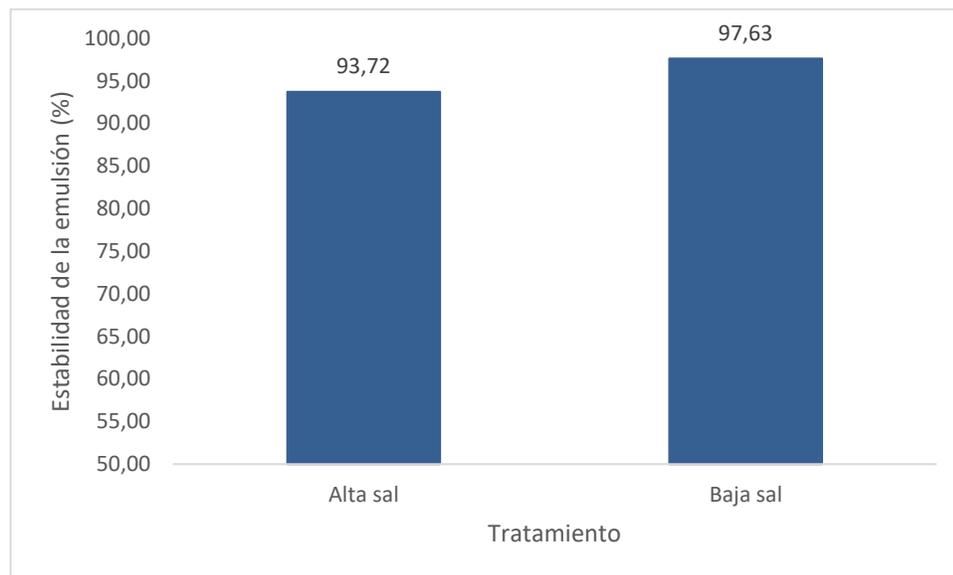


Figura 7. Promedios de estabilidad de la emulsión (porcentaje de pasta luego de separación del líquido) para los tratamientos según el contenido de sal.

Los resultados arrojados por el análisis de varianza indican que no se encontraron diferencias significativas, dado que la $p > 0,05$. Sin embargo, al observar los resultados del Cuadro XVI, se nota que la probabilidad para el porcentaje de sal fue muy cercana a dicho valor ($p = 0,057$), por lo que podría considerarse un efecto significativo a $p = 0,057$. De esta forma, al observar la Figura 8 se nota que los embutidos con menor contenido de sal presentaron un nivel de estabilidad de la emulsión mayor.

La literatura indica que los embutidos con mayor contenido de sal presentan más estabilidad de la emulsión, dado que al contener más sal, se da una mayor extracción de miosina, la cual actúa como emulsificante (Totosaus, 2007b); los resultados obtenidos no coinciden con lo esperado. No obstante, como se mencionó anteriormente, la estabilidad de una emulsión cárnica con alta concentración de sal puede ser más significativa durante el almacenamiento, ya que cuando la pasta cárnica posee fuerza iónica alta, la miosina se coloca en monómeros dispersos, obteniéndose un gel más grueso, el cual podría ser menos firme, liberar más líquidos en la prueba de estabilidad de la emulsión efectuada en la pasta cárnica, pero el embutido podría comportarse con mayor estabilidad durante el almacenamiento (Cluff *et al.*, 2017). Sin embargo, las determinaciones de estabilidad se realizaron en un período máximo

de una semana posterior al proceso de picado. De esta forma, la presencia de monómeros de miosina en las emulsiones cárnicas altas en sal generan geles más estables en el almacenamiento, por lo que se recomienda realizar el estudio tomando en cuenta este factor, para establecer su efecto sobre la estabilidad de la emulsión del salchichón bajo en sal y determinar si puede afectar el rendimiento del procesamiento, por pérdidas durante su almacenamiento o incluso durante la cocción (Cluff *et al.*, 2017).

En la presente investigación no se obtuvieron diferencias significativas en la proporción de carne res/cerdo. Cabe destacar que los salchichones elaborados en esta investigación presentan rellenos: proteína de soya, almidón de papa y emulsión de pellejo y aditivos: como tripolifosfato de sodio; elementos que ayudan a disminuir las pérdidas de líquidos porque enlazan agua y aumentan el pH de la pasta cárnica por encima del punto isoelectrico de las proteínas cárnicas, lo que beneficia la estabilidad de la emulsión (Feiner, 2006; Barbut, 2015). Sin embargo, al ser materias primas con la misma concentración en los diferentes tratamientos, no se considera su efecto para analizar las diferencias no significativas encontradas.

6. CONCLUSIONES

La simplicidad de los sabores aportados por CDM y emulsión de pellejo pudieron ocasionar que se detectaran diferencias significativas en la percepción del sabor salado en salchichón 2,05 % y 1,60 % de sal, causando que la reducción no se compensara y el sabor salado dependiera de la sal adicionada.

Al mantenerse fijo el porcentaje de sal, las diferentes proporciones de carne de res y cerdo no mostraron diferencias en la percepción del sabor salado.

El agrado de los salchichones no depende directamente del contenido de sal, ya que sólo los tratamientos 4R20C/ Alta sal y 4R20C/ Baja sal presentan diferencias significativas en el nivel de agrado, donde se prefiere la muestra con menor contenido de sal.

El cambio en sal calculado con un embutido no extendido puede ser útil para reducir contenido de sal en proporción similar en un embutido altamente extendido, a pesar de que provocó cambios pequeños en el sabor salado ($d \approx 1$).

El salchichón comercial evaluado en la prueba de agrado, es mejor calificado por los panelistas, en comparación con los elaborados para la investigación, pese a presentar algunos ingredientes iguales a los elaborados, como carne de res, cerdo, concentrado de proteína de soya, siendo posible que intervengan características de la materia prima como el tipo de condimento, contenido de grasa, así como las condiciones de procesamiento.

Se observó una tendencia a evaluar con mayor agrado a las muestras con mayor proporción de carne de res, lo que se relaciona con los sabores propios que aporta este tipo de carne.

La fuerza de corte evaluada mediante prueba Warner-Bratzler no presenta valores más altos cuando hay mayor proporción de carne de res al evaluar el efecto de las proporciones de carne, ni cuando el contenido de sal fue alto (2,05 %) en las formulaciones altas en sal, lo cual no coincide con lo indicado en la literatura.

Se determina mediante la prueba TPA que a mayor contenido de sal y carne de res el salchichón tiende a brindar valores de dureza más altos.

La proporción de carne tiene un efecto en los parámetros de TPA: gomosidad y cohesividad. Los tratamientos con contenidos más altos de carne de res generan embutidos más gomosos y cohesivos.

La luminosidad y ángulo de tonalidad no se ven afectadas por los efectos de proporción de carne y porcentaje de sal, probablemente debido a que los embutidos elaborados presentaron el mismo contenido total de carne.

La disminución del contenido de sal en el salchichón causa que se obtengan valores de cromaticidad más bajos, disminuyendo la intensidad del color, lo cual coincide con lo reportado en la literatura.

El contenido de sal ejerce un efecto sobre la estabilidad de la emulsión de los embutidos evaluados, con mayor estabilidad en tratamientos bajos en sal, comportamiento relacionado al acomodo de las proteínas en emulsiones con baja fuerza iónica.

7. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados de la prueba de agrado se recomienda realizar la divulgación de los resultados a la industria cárnica, con el fin de promover la reducción de sodio sin afectar la aceptación de sus productos.

Se recomienda diseñar y realizar un estudio similar al realizado empleando diferentes extensores cárnicos que tienen auge en la industria, como proteína de: suero lácteo, plasma sanguíneo, leguminosa, oleaginosas y hongos

Es recomendable evaluar el impacto de la reducción de sal sobre la calidad microbiológica del salchichón y el empleo de materias primas con altos recuentos microbianos, como el CDM.

Medir textura si existen diferencias en textura sensorial para determinar cuál es la diferencia mínima que un ser humano puede detectar y compararla con la variación instrumental.

Efectuar las pruebas de textura, color y estabilidad de la emulsión tomando en cuenta el tiempo de almacenamiento del alimento, para determinar si puede interferir en estas variables.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. Referencias bibliográficas citadas

- AASLYING, M., VESTERGAARD, C. & KOCH, A. 2013. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami. *Meat Science*. 96: 47-68.
- ANGULO, O. & O'MAHONY, M. 2009. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas de diferencia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 59(4): 349-357.
- ARAYA, Y., JIMÉNEZ, A., IVANKOVICH, C. & GARCÍA, M. 2014. Hábitos de consumo de embutidos en el cantón de San Carlos y el área metropolitana de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 27(4): 114-124.
- ARISTOY, M.C. & TOLDRÁ, F. 1995. Isolation of flavors peptides from raw pork meat and dry-cured ham. *Developments in Food Science*. 37: 1323-1344.
- ASGAR, M.A., FAZILAH, A., HUDA, N. BHAT, R. & KARIM, A. 2010. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- BAER, A.A. 2012. Effect of fat quality on sausage processing, texture and sensory characteristics. Tesis en Ciencia de Ciencias Animales. Universidad de Illinois Urbane-Champaign, Illinois.
- BARBUT, S. 2001. Poultry products: Formulations and gelations. En *Poultry products processing: An industry guide*. CRC Press.
- BARBUT, S. 2009. Chapter 18. Texture Analysis. En NOLLET, L. & TOLDRÁ, F. *Handbook of processed meats and poultry analysis*. CRC Press.
- BARBUT, S. 2015. Chapter 13. Principles of meat processing. En: *The science of poultry and meat processing*. CRC Press.

- BELITZ, H.; GROSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2009. Food Chemistry. 4ta ed. Springer, Berlín.
- BLANCO-METZLER, A., MONTERO, M., NÚÑEZ, H., GAMBOA, C. & SÁNCHEZ, G. 2012. Avances en la reducción del consumo de sal y sodio en Costa Rica. Revista Panamericana para la Salud. 32(4): 316-320.
- BLANCO-METZLER, A., HEREDIA-BLONVAL, K & MONTERO-CAMPOS, M. 2015. Análisis de contenido de sodio en alimentos procesados comercializados en Costa Rica según metas regionales: Embutidos. Documento (parcial) del Programa para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en Costa Rica a la industria alimentaria de Costa Rica durante el Pre-taller Consensuando metas con la industria alimentaria: un aporte a la salud pública. CACIA, 21 Abril 2015. San José, Costa Rica.
- BOURNE, M. 2002. Food texture and viscosity: concept and measurement. Florida, Academic Press.
- CÁCERES, E., GARCÍA, M., TORO, J. & SELGAS, M.D. 2004. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. Meat Science. 68(1): 87-96
- CASTIGLIEGO, L., ARMANI, A. & GUIDI, A. 2012. Chapter 5. Meat color. En HUI, Y.H. Handbook of meat and meat processing. 2 ed. CRC Press.
- CHABANET, C., TARREGA, A., SEPTIER, C., SIRET, F. & SALLES, C. 2013. Fat and salt contents affect the in-mouth temporal sodium release and saltiness perception of chicken sausages. Meat Science. 94: 253-261.
- CHACÓN, A. & PINEDA, M.L. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo “Crotin de Chavignol”. Agronomía Mesoamericana. 20(2): 297-309.
- CHIN, K.B., LEE, H.L. & CHUN, S.S. 2004. Product characteristics if comminuted sausages as affect by various fat and moisture combinations. Asian Australasian Journal of Animal Sciences. 17(4): 538-542.

- CHOI, Y., LEE, M., JEONG, J., CHOI, J., HAN, D., KIM, H., LEE, E. & KIM, C. 2007. Effects of wheat fiber on the quality of meat batter. *Korean Journal of Food Science Animal*. 27:22–28.
- CHOI, Y., KIM, Y., KIM, H., HWANG, K., SONG, D., JEONG, T. & KIM, C. 2015. Emulsion Mapping in Pork Meat Emulsion Systems with Various Lipid Types and Brown Rice Fiber. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(2), 258–264.
- CHOE, J., KIM, J., LEE, J., KIM, Y. & KIM, C. 2013. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat Science*. 93: 849-854.
- CLAUS, J. 1995. Methods for the objective measurement of meat product texture. *American Meat Science Association*. 48: 96-101.
- CLUFF, M., KOBANE, I., BOTHMA, C., HUGO, C. & HUGO, A. 2017. Intermediate added salt levels as sodium reduction strategy: Effects on chemical, microbial, textural and sensory quality of polony. *Meat Science*. 133: 143-150.
- COGGINS, P. 2001. Spices and flavorings for meat and meat products. En YOUNG, O.A., ROGERS, R.W., HUI, Y.H. & NIP, W-K. *Meat Science and applications*. CRC, Press.
- DERMIKI, M., MOUNAYAR, R., SUWANKANIT, C., SCOTT, J., KENNEDY, O., MOTTRAM, D., GOSNEY, M., BLUMENTHAL, H., & METHVEN, M. 2013. Maximising umami taste in meat using natural ingredients: effects on chemistry, sensory perception and hedonic liking in young and old consumers. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 93: 3312-3321.
- DOS SANTOS-ALVES, L., LORENZO, J., ALVARENGA-GONÇALVES, C., ALVES-DOS SANTOS, B., TERESINHA HECK, R., CICHOSKI, A., BASTIANELLO-CAMPAGNOL, P. 2016. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*. 121: 73-78.

- DOYLE, M. & GLASS, K. 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9: 44-56.
- DUNEZKA, C. 2013. Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gMLS) utilizada por personas de América Latina. Proyecto de Graduación Lic. Ingeniería de Alimentos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- DZUDIE, T., SCHER, J. & HARDY, J. 2002. Common bean flour as an extender in beef sausages. *Journal of Food Engineering*. 52: 143-147.
- ENNIS, D. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies*. 26(5): 371-382.
- ENNIS, D., ROUSSEAU, B & ENNIS, J M. 2014. Tables for Product Testing Methods. En: *Tools and Applications of Sensory and Consumer Science: 52 Technical Report Scenarios Based on Real-Life Problems*. Institute for Perception.
- FEINER, G. 2006. Chapter 12. Cooked sausages. En *Meat products handbook: Practical science and technology*. CRC Press, Inglaterra.
- FERNÁNDEZ, E. 2014. Sector cárnico reducirá 15 % de sodio en productos procesados. INTERNET. Recuperado de: http://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/Sector-carnico-reducira-productos-procesados_0_521947809.html
- FERNÁNDEZ-GINES, J., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E. & PÉREZ-ALVAREZ, J. 2005. Meat products as functional foods: a review. *Journal of Food Science*. 70(2): 37-43.
- FERNÁNDEZ-SÁENZ, S. 2012. Manual Técnico Teórico: Manejo Higiénico de la Carne y Procesamiento Básico de Embutidos. Proyecto de Graduación de Maestría Profesional en Ciencia de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.

- GADIYARAM, K.M. & KANNAN, G. 2004. Comparison of textural properties of low-fat chevon, beef, pork, and mixed-meat sausages. *South African Journal of Animal Science*. 34: 212-214.
- GARCÍA, E. & TOTOSAUS, A. 2007. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ -carrageenan by a mixture design approach. *Meat Science*. 78: 406-413.
- GIE, D., MIREMADI, F. & KEAST, R. 2011. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. *Nutrients*, 3: 694-711.
- GRIGELMO-MIGUEL, N., ABADÍAS-SEROS, M., MARTÍN-BELLOSO, O. 1999. Characterisation of low-high dietary fibre frankfurters. *Meat Science*. 52(3): 247-256.
- HERNÁNDEZ-CAMPOS, D. 2017. Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en tres productos cárnicos curados sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia. Tesis no publicada en Lic. en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José.
- HERRERO, A.M., DE LA HOZ, L., ORDOÑEZ, J.A., HERRANZ, B., ROMERO DE ÁVILA, M.D. & CAMBERO, M.I. 2008. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlations with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Meat Science*. 80: 690-696.
- HUNTERLAB. 2013. Identification of measurement parameters. Application Note 1031.01.
- INEC. 2013. Gasto por artículo según Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGH) 2013. San José. Costa Rica.
- JUÁREZ, M., ALDAI, N., LÓPEZ-CAMPOS, O., DUGAN, M.E., UTTARO, B., AALHUS, J.L. 2012. Chapter 9. Beef texture and juiciness. En HUI, Y.H. Handbook of meat and meat processing. 2 ed. CRC Press.
- LAWLESS, H. & HEYMANN, H. 1999. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Asped Published Co., Estados Unidos.

- LONG, N., GÁL, R. & BUŇKA, R. 2011. Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology*. 10(86): 19874-19882.
- MACLEOD, G. The flavor of beef. En: SHAHIDI, F. 1994. *Flavor of meat and meat products*. Springer Science, Reino Unido.
- MADDOCK, R. 2012. Chapter 34. Meat and meat products. En HUI, Y.H. *Handbook of meat and meat processing*. 2 ed. CRC Press.
- MALHERBE, M., WALSH, C & MERWE, C. 2003. Consumer acceptability and salt perception of food with a reduced sodium content. *Journal of Family and Consumer Sciences*. 31: 12-20.
- MEIC-MAG. 2008. Reglamento técnico RTCR 411:2008 Productos Cárnicos Embutidos: Salchicha, Salchichón, Mortadela y Chorizo: Especificaciones. San José, Costa Rica.
- MITTAL, G. S. 2005. Meat in emulsion type sausages – An overview. *Journal of Food, Agricultural and Environment*. 3(2): 101-108.
- HAYES, J. 2009. Chapter 20. Sensory Descriptors for cooked meat products. En: NOLLET, L. & TOLDRÁ, F. 2009. *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis*. CRC Press,
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2010, Declaración de la Política “Iniciativa de la OPS: Prevención de las enfermedades cardiovasculares en las Américas mediante la reducción de la ingesta de sal alimentaria de toda la población”. INTERNET, Recuperado el 23 de setiembre de 2017 de: http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2022&Itemid=1757&lang=es.
- OYAGÜE, M. 2007. Estabilidad del color de la carne fresca. *Nacameh*. 1(1): 67-74.
- PACHECO-PÉREZ, W., ARIAS-MUÑOZ, C & RESTREPO-MOLINA, D. 2012. Efecto de la reducción de cloruro de sodio sobre las características de calidad de una salchicha tipo seleccionada. *Revista de Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 65(2): 6779-6787.

- PADRÓN, C., PADRÓN, G., MONTES, A. & OROPEZA, R. 2012. Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*. 36(1).
- PEDROZA, H. & DIKOVSKYI, L. 2007. Sistema de análisis estadístico con SPSS. IICA-INTA, Managua.
- PEREIRA, A. G., RAMOS, E. M., TEIXEIRA, J.T., CARDOSO, G. P., RAMOS, A. & FONTES, P. R. 2011. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Meat Science*. 89(4): 519-525.
- PIETRASIK, Z. 1999. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. *Meat Science*. 51: 17-25.
- PIETRASIK, Z. & GAUDETTE, N. 2015. The Effect of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of turkey sausages. *Journal of Food Science of Agriculture*. 95: 1845-1851.
- PLAZA, J. 2011. Evaluación de carne de vacuno por un panel de consumidores. Trabajo de in de Carrera, Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
- RAMÍREZ, J. 2004. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por la velocidad de crecimiento. Tesis doctoral en Ciencia Animal. Universidad de Barcelona, Bellaterra.
- RODRÍGUEZ, M. & MORA, R. 2001. Estadística informática: Casos y ejemplos. Universidad de Alicante, Alicante.
- ROESSLER, E.; PANGBORN, R.; SIDEL, J. & STONE, H. 1978. Expanded Statistical Tables for Estimating Significance in Paired-Preference, Paired-Diference, Duo-Trio and Triangle Test. 43: 940-947.

- ROGERS, R.W. 2001. Manufacturing of reduced-fat, low-fat, and fat-free emulsion sausage. En YOUNG, O.A., ROGERS, R.W., HUI, Y.H. & NIP, W-K. Meat Science and applications. CRC, Press.
- ROUSSEAU, B. 2004. Chapter 2. Sensory Evaluation Techniques. En NOLLET, L. Handbook of Food Analysis. 2 ed. Marcel Dekker, Estados Unidos.
- RUIZ, J.L. 2005. Textura de músculos de cerdo y jamón curado con distintos niveles de NaCl, pH y contenido de agua. Tesis doctoral en Ciencia de Alimentos. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
- SCHIFFMAN, S. 2003. Taste enhancers. En: CABALLERO, B. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 2 ed. Academic Press.
- SEBRANEK, J. G. 2015. An Overview of Functional Non-Meat Ingredients in Meat Processing: The Current Toolbox. In Reciprocal Meat Conference. American Meat Science Association.
- SHAHIDI, F. 1994. Flavor of meat and meat products. Springer Science, Reino Unido.
- SOLTANIZADEH, N. & GHIASI-ESFAHANI, H. 2015. Qualitative improvement of low meat beef burger using Aloe vera. Meat Science. 99: 75-80.
- STONE, H. & SIDEL, J.L. 2004. Sensory Evaluation Practices. Elsevier, California.
- SUGITA, Y.H. 2002. Chapter 14. Flavor enhancers. En: Food Additives. THORNGATE, J., SALMINEN, S., BRANEN, L. & DAVIDSON, M. CRC Press.
- TOBIN, B., O'SULLIVAN, M., HAMILL, R. & KERRY, J. 2012. Effect of varying salt and fat levels on the sensory and physiochemical quality of frankfurters. Meat Science. 92: 659-666.
- TOBIN, B., O'SULLIVAN, M., HAMILL, R. & KERRY, J. 2012. Effect of varying salt and fat levels on the sensory quality of beef patties. Meat Science. 91:460-465.
- TOBIN, B., O'SULLIVAN, M., HAMILL, R. & KERRY, J. 2013. The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages. Meat Science. 93: 145-152.

- TOTOSAUS, A. 2007 (a). Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. *Nacameh*. 1(1): 53-66.
- TOTOSAUS, A. 2007 (b). Implicaciones de la reducción de sodio en sistemas cárnicos emulsionados. *Nacameh*. 1(2) 76-86.
- TOTOSAUS, A. & HERNÁNDEZ, J.F. 2009. Turkey sausages. En GUERRERO, I. & HUI, Y.H. *Handbook of poultry science and technology*. John Wiley and Sons, Canadá.
- UGALDE-BENÍTEZ, V. Chapter 23. Meat Emulsions. En HUI, Y.H. *Handbook of meat and meat processing*. 2 ed. CRC Press.
- UTRILLA, M., GARCÍA, R. & SORIANO, A. 2014. Effect of partial reduction of pork meat on the physicochemical and sensory quality of dry ripened sausages: Development of a healthy venison salchichon. *Meat Science*. 98:785-791.
- VALDÉS, G. 2009. Sal e hipertensión arterial. *Revista Chilena de Cardiología*. 28(1): 107-114.
- VIEIRA, C., BIASUTTI, E., CAPOBIANGO, M., ALFONSO, W. & SILVESTRE, M. 2006. Efecto de la sal sobre la solubilidad y las propiedades emulsionantes de la caseína y sus hidrolizados tripticos. *Ars Pharmaceutica*. 47(3): 281-292.
- VILLANUEVA, N., PETENATE, A. & DA SILVA, M. 2005. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference*. 16: 691-703.
- VINDAS, M. 2016. Investigación de la UCR permitirá reducir cantidad de sal en embutidos. INTERNET. Recuperado el 29 de diciembre de 2016 de: <https://vinv.ucr.ac.cr/noticias/investigacion-de-la-ucr-permitira-reducir-cantidad-de-sal-en-embutidos>
- XIONG, Y.L. MIKEL, W.B. 2001. Meat and meat products. En YOUNG, O.A., ROGERS, R.W., HUI, Y.H. & NIP, W-K. 2 ed. *Meat science and applications*. CRC Press.

- YOTSUYANAGI, S., CONTRERAS, C., HAGUIWARA, M., CIPOLLI, K., LEMOS, A., MORGANO, M. & YAMADA, E. 2016. Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters. *Meat Science*. 115: 50-59.
- YOUNG, O.A. & WEST, J. 2001. Chapter 3. Meat color. En HUI, Y., NIP, W-K., ROGERS, R. & YOUNG, O.A. *Meat science and applications*. CRC Press.

8.2 Referencias bibliográficas consultadas

- APANGO, A. s.f. *Elaboración de Productos Cárnicos*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, México.
- BARBUT, S. 2009. Chapter 18. Texture Analysis. En: *Handbook of Processed Meat and Poultry Analysis*. CRC Press.
- CARBALLO, M. & MORALES, G. 2011. Fuentes alimentarias de sal/sodio en mujeres, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*. 20: 90-96.
- CHOI, J., WON, J., PARK, M. & CHANG, P. 2014. A new method for Determining the Emulsion Stability Index by Backscattering Light Detection. *Journal of Food Process Engineering*. 37(3): 229-236.
- FONT-I-FURNOLS, M. & GUERRERO, L. 2014. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: an overview. *Meat Science*. 98: 361-371.
- HERRERO, A., DE LA HOZ, L., ORDÓÑEZ, J., HERRANZ, B., ROMERO, M. & CAMBERO, M. 2008. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Journal of Meat Science*. 80: 690-696.

INEC. 2014. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2013: Principales Resultados. INEC, Costa Rica.

MÉNDEZ, G., GARCÍA, J., SANTELLANO, E., CHÁVEZ, A., DURÁN, L., SILVA, R., QUINTERO, A. 2015. Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology*. 35(1): 25-31.

9. ANEXOS

Cuadro XVII. Resultados del análisis proximal realizado para las muestras de salchichón de la repetición 1 y 2, elaborado en el Laboratorio de química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.

Análisis	Repetición	Tratamiento					
		12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
Humedad (%)	1	57,37	57,37	60,07	58,79	58,77	60,74
	2	58,69	58,26	60,80	59,70	57,40	60,58
Cenizas (%)	1	3,31	4,94	3,51	2,88	2,95	3,07
	2	3,36	3,37	3,44	2,96	2,84	3,07
Grasa (%)	1	20,30	19,07	16,93	18,81	18,97	14,83
	2	18,61	18,34	15,88	17,58	18,84	14,81
Proteína (Nx6,25) (%)	1	11,72	10,39	12,29	11,82	11,49	11,99
	2	11,97	11,68	11,81	12,07	11,89	13,92
Sodio (mg/100 g)	1	1012,74	1250,20	1052,94	788,83	811,26	926,27
	2	984,66	1010,20	2640,66	850,66	916,21	840,36
Carbohidratos totales (%)	1	7,30	8,23	7,20	7,70	7,82	9,37
	2	9,07	9,08	9,13	8,92	9,17	7,64

Cuadro XVIII. Análisis de varianza para el análisis proximal realizado a las muestras de salchichón de las repeticiones 1 y 2, con un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Efecto	g.l	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Sodio	Carbohidratos
Proporción res/cerdo	2	0,0046*	0,5000	0,0363*	0,1501	0,3977	0,9068
Porcentaje de sal	1	0,2053	0,0388*	0,5407	0,2208	0,1312	0,8753
Proporción res/cerdo*Porcentaje de sal	2	0,5567	0,3749	0,6917	0,7214	0,4722	0,9475

*Probabilidad $\leq 0,05$ indica diferencias significativas.

Cuadro XIX. Valores obtenidos en la prueba de agrado con 112 consumidores, para los salchichones elaborados y un producto comercial, recolectados mediante el programa Fizz.

Juez	Comercial	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
1	7,0	5,8	5,5	5,0	5,4	5,1	6,7
2	6,8	4,3	7,6	4,5	6,6	6,9	6,0
3	9,0	7,0	6,5	7,4	5,5	7,5	8,4
4	4,1	6,0	5,0	5,9	4,7	7,7	6,6
5	9,1	6,0	5,0	6,0	6,0	4,0	6,0
6	8,1	6,9	3,3	2,6	6,3	4,6	5,7
7	7,3	8,1	8,0	7,5	7,8	8,2	7,9
8	6,3	7,3	5,8	8,5	4,9	6,5	7,2
9	8,7	4,1	3,5	3,8	7,9	4,3	2,4
10	10,0	1,0	1,0	7,0	6,0	7,0	7,0
11	6,0	8,1	8,1	7,0	9,0	6,0	8,0
12	9,0	5,0	5,0	8,0	9,0	7,1	8,0
13	10,0	8,1	8,0	9,1	9,0	4,0	10,0
14	9,0	7,0	3,0	3,0	5,0	6,0	1,0
15	9,2	6,7	5,4	8,0	6,8	5,4	8,4
16	9,1	8,9	7,9	9,0	6,8	8,2	9,5
17	6,5	8,0	6,8	7,9	6,0	5,0	5,6
18	10,0	8,0	9,5	8,5	8,5	9,0	9,0
19	1,0	7,0	9,0	6,6	9,7	9,5	7,6
20	7,0	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	5,0
21	8,1	4,9	4,9	5,0	5,0	7,0	1,0
22	5,0	3,0	4,4	4,0	8,0	8,1	6,1
23	9,4	5,0	4,0	5,0	2,7	6,6	6,5
24	3,0	6,0	6,0	5,1	4,0	7,1	4,0
25	7,7	5,6	3,8	3,5	7,5	4,4	4,5
26	5,1	5,4	5,4	6,8	7,0	7,7	7,0

Continuación Cuadro XIX. Valores obtenidos en la prueba de agrado con 112 consumidores, para los salchichones elaborados y un producto comercial, recolectados mediante el programa Fizz.

Juez	Comercial	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
27	7,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,5	5,1
28	9,0	3,0	4,1	7,0	8,1	6,0	8,0
29	9,0	3,0	5,1	5,0	7,0	3,9	2,0
30	8,0	2,1	6,6	7,0	5,0	6,0	5,0
31	10,0	9,0	4,4	6,0	8,4	7,2	8,6
32	9,0	7,0	5,0	5,8	6,0	6,0	6,7
33	10,0	5,0	9,0	7,0	3,0	6,0	5,0
34	7,0	5,2	4,6	5,4	6,1	6,6	4,9
35	9,3	7,1	7,8	7,8	7,8	9,1	8,7
36	7,0	7,0	4,0	8,0	8,0	3,0	7,0
37	10,0	10,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0
38	6,0	8,0	2,0	7,0	4,0	3,0	7,0
39	9,5	7,1	5,7	9,1	10,0	8,5	10,0
40	10,0	8,4	8,0	6,6	6,0	7,5	6,0
41	10,0	3,1	5,9	9,0	5,0	0,9	7,0
42	6,0	5,0	1,0	1,1	5,0	0,0	0,9
43	6,0	3,0	5,5	7,4	4,6	5,0	6,5
44	10,0	6,0	2,0	4,0	10,0	9,0	9,0
45	7,5	6,0	5,0	7,0	6,8	5,6	4,0
46	9,0	6,0	7,0	7,0	7,0	5,0	8,0
47	6,0	8,0	3,0	2,3	6,0	5,0	3,0
48	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	9,0
49	7,0	4,4	5,5	6,0	6,0	8,6	4,0
50	4,0	6,1	7,1	8,5	7,5	8,5	4,0
51	7,5	4,3	2,6	7,3	6,8	5,6	6,4
52	9,0	4,0	8,2	8,1	5,0	8,0	8,0
53	8,1	9,1	9,1	8,1	9,3	8,1	8,1
54	7,1	0,9	7,5	3,6	5,2	4,0	6,7
55	4,0	8,0	8,0	2,0	6,0	7,0	2,0
56	10,0	10,0	10,0	5,0	10,0	10,0	5,0
57	9,9	9,6	9,6	9,6	9,0	9,0	9,0
58	10,0	5,9	7,0	9,5	7,0	5,5	9,9
59	7,7	8,7	8,0	8,1	8,1	8,2	7,5
60	8,0	7,0	2,0	5,0	8,0	3,0	5,0

Continuación Cuadro XIX. Valores obtenidos en la prueba de agrado con 112 consumidores, para los salchichones elaborados y un producto comercial, recolectados mediante el programa Fizz.

Juez	Comercial	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
61	9,3	7,0	3,0	7,4	5,5	4,7	5,2
62	6,0	7,0	3,0	7,0	7,0	4,0	6,0
63	9,0	5,0	2,0	4,0	5,0	1,0	6,0
64	9,1	4,4	9,1	9,0	5,9	9,1	9,0
65	4,5	5,0	6,6	5,6	5,6	5,5	4,2
66	8,0	4,2	6,6	5,8	5,6	6,1	3,9
67	6,3	5,0	5,3	6,0	6,0	5,4	6,0
68	9,2	3,6	7,3	7,7	4,9	4,7	4,0
69	7,0	3,0	1,0	5,0	5,5	1,0	2,0
70	8,0	5,0	2,0	7,1	6,0	1,9	0,9
71	6,5	7,0	4,0	3,9	4,0	7,5	5,0
72	5,0	3,7	4,7	4,2	5,8	2,4	7,0
73	9,1	8,0	0,3	2,0	5,0	2,0	1,0
74	10,0	9,0	7,0	10,0	4,0	3,0	5,0
75	7,0	6,1	4,1	7,2	5,1	8,1	3,8
76	10,0	5,1	1,0	3,0	5,9	7,0	9,0
77	9,0	9,0	4,1	5,0	6,0	10,0	2,9
78	5,0	2,1	4,0	4,0	3,0	5,0	7,0
79	6,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
80	7,5	6,5	5,7	3,0	8,0	3,2	6,0
81	9,0	9,0	6,8	7,0	6,0	6,5	5,0
82	1,9	7,7	5,0	8,7	7,7	7,0	6,2
83	3,0	2,0	9,1	6,0	6,0	1,1	4,0
84	9,1	8,0	6,6	8,0	7,0	3,6	7,5
85	4,0	8,0	6,0	9,0	6,0	8,0	7,0
86	9,1	4,9	0,1	7,0	7,1	1,0	0,9
87	8,0	3,9	5,0	4,0	2,0	6,0	5,1
88	10,0	4,0	2,0	5,0	7,0	6,0	4,0
89	8,0	6,0	5,0	5,1	6,0	8,0	7,1
90	7,0	7,0	8,0	8,0	6,1	9,0	10,0
91	8,0	7,0	8,0	8,0	7,0	10,0	10,0
92	8,1	7,0	4,0	5,0	6,0	4,0	5,0
93	10,0	7,8	7,6	8,1	9,0	7,6	8,6

Continuación Cuadro XIX. Valores obtenidos en la prueba de agrado con 112 consumidores, para los salchichones elaborados y un producto comercial, recolectados mediante el programa Fizz.

Juez	Comercial	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Baja sal	20R4C/ Baja sal
94	9,0	8,0	3,0	3,0	4,5	6,7	2,5
95	9,0	7,0	4,0	9,0	9,0	9,1	9,0
96	6,0	2,9	5,0	2,0	3,0	5,0	3,1
97	8,0	6,0	2,0	5,0	4,0	5,0	5,0
98	8,0	7,0	1,0	6,0	8,0	8,1	6,5
99	8,0	6,1	3,0	6,0	4,1	5,0	5,0
100	8,4	5,2	2,6	4,3	3,4	1,8	3,6
101	4,0	6,0	5,0	8,0	7,0	7,0	3,0
102	8,0	4,3	8,0	9,0	7,8	6,0	9,2
103	9,9	9,6	10,0	10,0	9,9	9,9	9,8
104	7,3	7,0	6,0	6,0	6,0	4,0	7,0
105	9,0	5,0	2,5	5,3	4,9	7,5	3,3
106	8,9	5,7	3,1	2,3	5,0	7,2	6,7
107	5,0	7,0	7,0	6,5	5,0	6,5	6,0
108	9,0	0,1	4,0	5,0	7,0	5,0	0,1
109	10,0	0,0	5,1	0,0	0,0	5,0	6,9
110	7,0	8,0	5,0	4,1	2,0	5,0	2,0
111	7,4	4,3	4,2	2,0	5,1	6,1	2,6
112	8,0	3,5	8,0	3,0	8,0	8,0	6,5

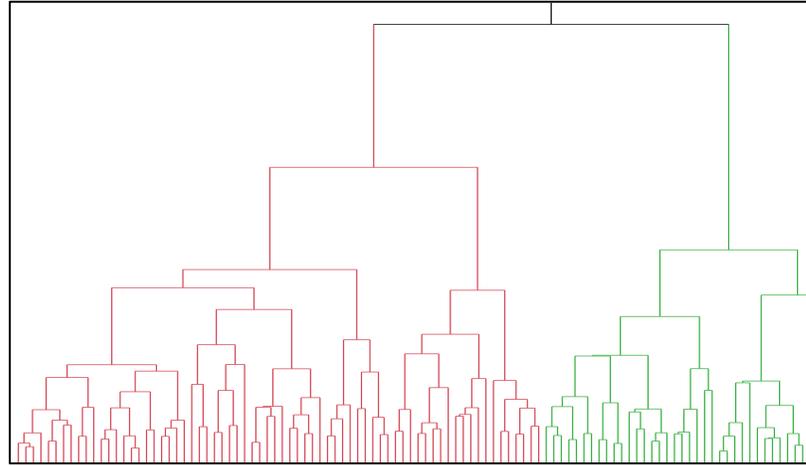


Figura 8. Dendrograma generado del análisis de conglomerados realizado a la prueba de agrado general por parte de los consumidores para los diferentes tratamientos de salchichón y un salchichón comercial.

Cuadro XX. Datos de dureza obtenidos de la prueba de corte Warner-Bratzler de las muestras de salchichón elaboradas.

Lote	Dureza (N)					
	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal
1	24,228	23,676	30,735	17,681	13,412	24,037
1	19,500	29,386	23,516	18,241	22,328	22,260
1	18,513	15,673	26,612	17,728	19,335	21,653
2	24,068	18,465	20,608	18,949	23,203	26,042
2	19,012	19,866	30,618	18,845	28,210	14,806
2	18,667	13,450	21,748	16,346	20,606	19,428
3	27,220	26,436	26,436	32,806	17,979	27,030
3	24,346	23,280	23,280	18,648	22,664	35,957
3	22,646	19,825	19,825	22,230	26,656	43,837

Cuadro XXI. Datos obtenidos de los parámetros de perfil de textura (TPA) para el salchichón elaborado.

Tratamiento	Lote	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Adhesividad (N)	Cohesividad	Masticabilidad (N*M)	Gomosidad (N)
12R12C/Alta sal	1	107,455	8,500	-0,481	0,534	0,488	57,412
	1	120,808	8,658	-0,408	0,461	0,482	55,649
	1	113,297	8,483	-0,501	0,401	0,385	45,397
	2	119,231	7,999	-0,352	0,415	2,299	49,452
	2	98,090	8,168	-0,629	0,615	1,303	60,328
	2	103,966	8,296	-0,217	0,652	1,323	67,777
	3	113,250	8,601	-0,979	0,621	0,605	70,374
	3	128,633	8,400	-2,094	0,584	0,631	75,105
	3	129,779	8,646	-0,695	0,683	0,766	88,636
	4R20C/ Alta sal	1	87,758	8,627	-0,532	0,393	0,298
1		84,346	8,401	-0,150	0,319	0,226	26,927
1		81,563	8,591	-0,433	0,446	0,313	36,414
2		73,221	7,874	-0,664	0,628	0,919	45,952
2		85,378	7,682	-1,467	0,561	1,169	47,911
2		78,303	7,976	-0,425	0,601	1,039	47,070
3		83,488	8,261	-0,645	0,423	0,292	35,336
3		86,830	7,747	-0,288	0,339	0,228	29,436
3		81,355	8,549	-1,027	0,541	0,376	43,982
20R4C/ Alta sal		1	118,574	8,510	-0,697	0,597	0,602
	1	116,911	8,429	-0,588	0,458	0,452	53,586
	1	116,995	9,268	-0,564	0,488	0,529	57,122
	2	109,338	8,341	-0,675	0,575	1,586	62,867
	2	105,281	8,500	-0,790	0,655	1,367	68,944
	2	115,251	7,818	-0,566	0,468	1,925	53,957
	3	88,473	7,243	-0,662	0,404	0,259	35,702
	3	102,649	7,799	-0,369	0,475	0,380	48,710
	3	105,114	8,212	-0,666	0,423	0,365	44,421

Continuación Cuadro XXI. Datos obtenidos de los parámetros de perfil de textura (TPA) para el salchichón elaborado.

Tratamiento	Lote	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Adhesividad (N)	Cohesividad	Masticabilidad (N*M)	Gomosidad (N)
12R12C/Baja sal	1	88,513	8,429	-1,126	0,728	0,543	64,474
	1	94,539	8,748	-0,551	0,539	0,446	50,998
	1	104,083	9,133	-0,986	0,580	0,551	60,381
	2	95,590	8,588	-0,914	0,680	1,207	65,030
	2	95,301	8,188	-1,011	0,619	1,261	58,987
	2	89,844	7,619	-1,004	0,635	1,078	57,035
	3	98,341	8,592	-0,968	0,494	0,417	48,575
	3	90,645	8,645	-0,713	0,715	0,560	64,808
	3	99,457	8,456	-0,947	0,552	0,465	54,941
12R12C/Alta sal	1	82,840	8,212	-0,250	0,412	0,281	34,159
	1	77,260	9,133	-0,986	0,580	0,551	42,353
	1	81,618	8,212	-0,250	0,412	0,281	51,394
	2	66,928	8,309	-0,961	0,627	0,886	41,988
	2	72,333	8,458	-1,196	0,618	0,991	44,669
	2	69,956	7,772	-0,671	0,470	1,158	32,850
	3	87,563	8,538	-0,417	0,532	0,398	46,600
	3	97,052	7,815	-0,744	0,469	0,356	45,555
	3	83,382	8,401	-0,876	0,547	0,383	45,596
4R20C/ Alta sal	1	116,986	9,109	-1,229	0,607	0,646	70,960
	1	104,703	8,696	-1,039	0,670	0,610	70,199
	1	107,389	9,292	-0,528	0,646	0,644	69,323
	2	91,203	9,997	-0,724	0,608	1,301	55,474
	2	104,465	9,997	-0,719	0,639	1,477	66,705
	2	106,292	9,997	-0,279	0,372	2,225	39,543
	3	100,230	9,044	-0,525	0,537	0,487	53,824
	3	104,891	8,509	-0,442	0,610	0,545	64,018
	3	108,097	8,555	-0,701	0,583	0,539	62,971

Cuadro XXII. Datos obtenidos de los parámetros medidos para la determinación del color de los salchichones elaborados.

Tratamiento	Lote	L*	a*	b*	C	h°
12R12C/ Alta sal	1	58,21	9,40	17,99	20,30	62,41
	1	58,92	8,00	19,12	20,73	67,30
	1	58,41	9,83	18,03	20,54	61,40
	2	61,26	6,75	17,79	19,03	69,22
	2	61,89	6,60	18,04	19,21	69,90
	2	61,34	6,73	17,80	19,03	69,29
	3	63,73	5,49	18,45	19,25	73,43
	3	64,43	5,44	18,72	19,49	73,80
	3	63,98	4,99	19,13	19,77	75,38
4R20C/ Alta sal	1	58,99	9,09	18,45	20,57	63,77
	1	58,47	8,97	18,15	20,25	63,70
	1	59,24	8,99	18,17	20,27	63,68
	2	61,99	6,66	18,31	19,48	70,01
	2	61,78	7,06	18,30	19,61	68,90
	2	62,05	6,18	18,11	19,14	71,16
	3	64,25	5,85	17,45	18,40	71,47
	3	65,61	4,18	19,47	19,91	77,88
	3	64,92	5,35	18,44	19,20	73,82
20R4C/ Alta sal	1	58,66	9,32	17,92	20,20	62,52
	1	58,44	8,91	17,67	19,79	63,24
	1	59,73	8,27	18,60	20,36	66,03
	2	60,38	7,62	17,49	19,08	66,46
	2	60,05	7,99	17,74	19,46	65,75
	2	60,47	7,80	17,84	19,47	66,38
	3	61,16	7,63	17,66	19,24	66,63
	3	61,89	6,37	18,47	19,54	70,97
	3	61,89	7,09	17,79	19,15	68,27
12R12C/ Baja sal	1	61,75	7,92	17,76	19,45	65,97
	1	62,12	6,53	18,50	19,62	70,56
	1	61,74	7,80	17,14	18,83	65,53
	2	62,14	6,64	17,80	19,00	69,54
	2	62,07	6,85	18,05	19,31	69,22
	2	62,07	6,79	17,85	19,10	69,17
	3	63,98	6,55	17,13	18,34	69,07
	3	63,38	6,56	17,41	18,60	69,35
	3	65,10	6,10	17,56	18,59	70,84

Continuación Cuadro XXII. Datos obtenidos de los parámetros medidos para la determinación del color de los salchichones elaborados.

Tratamiento	Lote	L*	a*	b*	C	h°
4R20C/ Baja sal	1	64,00	6,85	17,07	18,39	68,13
	1	64,36	5,64	18,19	19,04	72,77
	1	64,47	6,05	18,00	18,99	71,42
	2	63,64	5,59	18,60	19,42	73,27
	2	63,20	5,30	18,82	19,55	74,27
	2	61,68	6,19	18,42	19,43	71,43
	3	64,68	5,85	17,72	18,66	71,73
	3	63,92	6,34	17,96	19,05	70,56
	3	64,55	5,51	17,25	18,11	72,29
20R4C/ Baja sal	1	61,73	7,33	17,28	18,77	67,01
	1	61,99	7,67	17,13	18,77	65,88
	1	61,95	8,02	16,92	18,72	64,64
	2	60,44	7,64	17,05	18,68	65,86
	2	61,15	6,41	18,61	19,68	70,99
	2	59,87	7,72	17,48	19,11	66,17
	3	62,59	7,28	17,72	19,16	67,67
	3	61,90	7,26	17,74	19,17	67,74
	3	61,17	7,50	17,11	18,68	66,33

Cuadro XXIII. Datos obtenidos de la prueba de estabilidad de la emulsión correspondientes a los salchichones elaborados.

Lote	Estabilidad de la emulsión (%)					
	12R12C/ Alta sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal	12R12C/ Baja sal	4R20C/ Alta sal	20R4C/ Alta sal
1	88,61	82,23	91,75	97,23	96,90	99,61
1	88,90	83,29	89,09	99,61	97,28	99,21
1	88,33	84,91	91,29	97,61	98,03	98,02
2	99,61	96,47	97,28	97,25	97,29	97,47
2	97,28	94,58	98,41	96,87	98,44	98,44
2	99,61	94,97	97,27	97,25	96,43	98,06
3	98,01	96,41	98,02	96,01	98,03	97,25
3	94,92	95,26	94,16	97,01	94,95	100,00
3	96,85	96,48	96,46	96,86	96,86	98,02