

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

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de proyecto presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar por el grado de Licenciada en Ingeniería de Alimentos

Evaluación de tres potenciadores de sabor en un salchichón con diferentes reducciones de sodio utilizando pruebas sensoriales

Elaborado por:
Beatriz Boniche Vargas
Carné: A90984

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO

Octubre, 2017

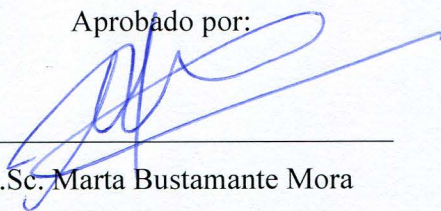
TRIBUNAL EXAMINADOR

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:


Beatriz Boniche Vargas

Aprobado por:



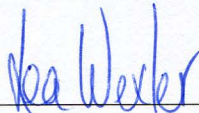
M.Sc. Marta Bustamante Mora

Presidenta del Tribunal



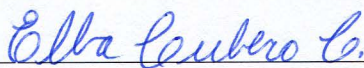
M.G.A Yorlenny Araya Quesada

Directora del Proyecto



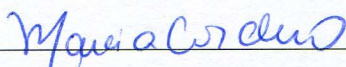
M.Sc. Lea Wexler Goering

Asesora del Proyecto



Ph.D. Elba Cubero Castillo

Asesora del Proyecto



M.Sc. Marcia Cordero García

Profesora Designada

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, por haberme enseñado que este era el mejor camino, por su esfuerzo y apoyo incondicional para que lograra mis metas y fuera quien soy en este momento.

AGRADECIMIENTOS

A Yorleny, quien fue la mayor fortaleza y la mejor guía que pude haber encontrado en este último trayecto. Su apoyo constante y su empeño fueron invaluable para mí. Ahora tengo una amiga más.

A mis asesoras, las profesoras Elba y Lea, por estar atentas y tener la disposición de ayudarme cuando lo necesité, tuve mucha suerte de tenerlas en mi comité.

A Danniela, mi hermana de tesis, que estuvo conmigo desde el principio hasta el final, ayudando y apoyando siempre. Gracias por ese montón de risas en el laboratorio.

A Verny y a Ale, por ser mis amigos incondicionales en toda la carrera, por ni siquiera dudar cuando les pedí ayuda para algún panel o cualquier otra cosa. No alcanzan las palabras para agradecerles.

A Caro, este trabajo fue mucho más liviano porque estabas cerca. Gracias por el impulso y por el apoyo en toda esta etapa final.

A David, Ariela, Grettel, Valeria, Natalia, y a los demás asistidos que se convirtieron en mis amigos, fue un placer compartir con ustedes los últimos años.

A Silvia, Crisbel, Andrea, Ana, Eugenia, Ariela, Marcela, y si se me fue alguno cercano, perdón. El camino con ustedes fue mucho más divertido.

A Camacho y Alonso, por ser tan especiales conmigo y ayudarme en lo que fuera en la planta piloto. Gracias por las conversaciones y las carcajadas.

A todos mis compañeros, que compartieron risas, quejas o historias.

A cada uno de mis profesores, que me enseñaron los fundamentos y los detalles de esta carrera tan bonita, y algunas otras cosas.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. Justificación.....	1
II. Objetivos	5
2.1 <i>Objetivo General</i>	5
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
III. Marco Teórico.....	6
3.1 <i>Consumo de sal y sus implicaciones en la salud</i>	6
3.2 <i>Embutidos</i>	7
3.2.1 <i>Generalidades</i>	7
3.2.2 <i>Procesamiento</i>	9
3.2.3 <i>Funciones de los ingredientes no cárnicos</i>	10
3.2.4 <i>Funciones de la sal (NaCl)</i>	12
3.2.5 <i>Disminución de sal en embutidos</i>	13
3.2.6 <i>Potenciadores de sabor</i>	14
3.3 <i>Análisis Sensorial</i>	17
3.3.1 <i>Generalidades</i>	17
3.3.2 <i>Pruebas de discriminación: Tétradas</i>	17
3.3.3 <i>Pruebas afectivas cuantitativas</i>	19
IV. Materiales y Métodos	20
4.1 <i>Localización</i>	20
4.2 <i>Materia Prima</i>	20
4.3 <i>Elección de porcentajes de reducción de sal</i>	21
4.4 <i>Elaboración de los productos que se utilizaron en el proyecto</i>	22

4.4.1. Modelo cárnico	22
4.4.2. Salchichón	24
4.4.3. Mezcla de especias	30
4.5. Preparación de las muestras para pruebas sensoriales.....	30
4.6. Definición de las concentraciones de los potenciadores de sabor en el salchichón.....	31
4.7. Evaluación de potenciadores de sabor en salchichón con reducción de sodio	32
4.7.1. Pruebas preliminares	32
4.7.2. Pruebas definitivas	32
4.8. Prueba de aceptación de las formulaciones de salchichón control y reducido en sodio con potenciadores de sabor	36
4.9 Métodos de Análisis	37
4.9.1. Prueba de aceptación con consumidores	37
4.9.2. Prueba de diferenciación tétrada.....	38
V. Resultados y Discusión	40
5.1. Definición de las concentraciones de los potenciadores en el salchichón mediante un panel de consumidores.....	40
5.2. Evaluación de los tres potenciadores de sabor mediante pruebas de diferenciación tétrada	43
5.3. Prueba de aceptación de las formulaciones de salchichón control y reducido en sodio con potenciadores de sabor	47
VI. Conclusiones	52
VII. Recomendaciones.....	53
VIII. Bibliografía	54
IX. Anexos.....	60
9.1. Hoja de respuesta y esquema de la presentación de muestras utilizadas en los paneles de discriminación tétrada	60
9.2 Escala hedónica utilizada en la hoja de respuesta para los paneles de consumidores de los objetivos 1 y 2.....	61
9.3. Datos de interés de los potenciadores de sabor utilizados	61
9.4. Tablas utilizadas para las pruebas de discriminación.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Ventas de productos cárnicos procesados refrigerados en Costa Rica entre los años 2011 y 2016.....	8
Cuadro II. Materias primas para la elaboración de las distintas formulaciones de salchichón y sus respectivos proveedores.	20
Cuadro III. Formulación base del modelo cárnico utilizado para la definición de las concentraciones de los potenciadores de sabor. Esta formulación tiene el contenido de NaCl reducido al 45% con respecto a un 2,05% NaCl (regular)	22
Cuadro IV. Formulaciones de salchichón: control, reducida 25% en sodio y reducida 45% en sodio.....	24
Cuadro V. Aporte de sodio de los ingredientes de la formulación, así como el contenido total de sodio del producto con contenido de sodio regular.	25
Cuadro VI. Niveles de reducción de sodio y de NaCl en las formulaciones respectivas tomando como base 1057 mg Na/100g de producto.	26
Cuadro VII. Concentraciones de cada potenciador evaluadas en la prueba de agrado.	31
Cuadro VIII. Formulaciones de salchichón evaluadas en la prueba de agrado.....	36
Cuadro IX. Resultados de la prueba tétrada de salchichón (n=32) con 45% y 25% de reducción de sodio sin adición de potenciadores respecto al producto con igual reducción de sodio adicionando potenciadores de sabor.	43
Cuadro X. Prueba de discriminación (n=78) del salchichón control sin reducción de sodio respecto a los productos reducidos en sodio 45% y 25% con potenciadores de sabor.....	45
Cuadro XI. Componentes de interés del extracto de levadura LBI Tora 41	61
Cuadro XII. Componentes de interés del suero lácteo en polvo AgriMark	61
Cuadro XIII. Número de jueces requerido en varias pruebas de discriminación con un $\alpha=0,01$ y varios niveles de potencia de prueba con diferentes valores de d' (Ennis, 2013). 62	
Cuadro IX. Número de jueces requerido en varias pruebas de discriminación con un $\alpha=0,05$ y varios niveles de potencia de prueba con diferentes valores de d' (Ennis, 2013).	63

Cuadro X. Número mínimo de aciertos necesarios para obtener significancia en una prueba de triángulo (aplica para tétrada) según el α utilizado y el número total de jueces “n” (Meilgaard et al., 2007).	64
Cuadro XI. Valores de d' según la proporción de aciertos calculada en una prueba tétrada ($\times 10^4$) (Ennis, 2013).	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración del modelo cárnico.....	23
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de salchichón.	28
Figura 3. Esquema de las comparaciones entre las formulaciones control reducidas en sodio (25% y 45%) y las formulaciones reducidas en sodio con potenciadores de sabor.	34
Figura 4. Esquema de las comparaciones entre la formulación control sin reducción de sodio y las formulaciones reducidas en sodio (25% y 45%) con potenciadores de sabor....	35
Figura 5. Esquema de la presentación de las muestras de salchichón utilizado en los paneles de discriminación tétrada (3 pruebas tétradas por panelista).....	39
Figura 6. Comparación de medias de los valores de agrado otorgados por los jueces a las muestras del modelo cárnico control y con potenciadores, en el panel de consumidores para la determinación de la concentración de cada potenciador a utilizar en las formulaciones de salchichón.	40
Figura 7. Comparación de medias de los valores de agrado otorgados por los tres grupos de consumidores (análisis de conglomerados) del panel de aceptación para la evaluación de las formulaciones de salchichón control y salchichón reducido en sodio con adición de potenciadores de sabor.....	47
Figura 8. Escala hedónica de 10 cm utilizada en los paneles de agrado de los objetivos 1 y 2	61

RESUMEN

Boniche Vargas, Beatriz

Evaluación de tres potenciadores de sabor en un salchichón con diferentes reducciones de sodio utilizando pruebas sensoriales

Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.- San José

Boniche-Vargas, B. 2017

65 h, 8 il. – 68 refs

En este trabajo se evaluaron mediante pruebas sensoriales de diferencia y aceptación salchichones reducidos en sodio, cada uno con adición de tres potenciadores de sabor distintos: extracto de levadura, suero lácteo y una mezcla de especias. Esto con el fin de desarrollar una alternativa para disminuir el sodio en embutidos, ya que estos se encuentran dentro de los productos procesados que más sodio aportan a la dieta, y debido a que el alto consumo de este mineral es un de los factores de muchas enfermedades crónicas que sufre la población.

Para seleccionar la concentración de cada potenciador se evaluó: 0,75%, 1,0% y 1,25% para extracto de levadura; 1,0%, 1,35% y 1,75% para suero lácteo seco; y 0,50%, 0,75% y 1,0% para la mezcla de especias en un modelo cárnico mediante una prueba de agrado. Se determinó que se debía usar 1,0% de extracto de levadura, 1,75% de suero lácteo en polvo y 0,50% de mezcla de especias en las formulaciones de salchichón de acuerdo al agrado obtenido.

Posteriormente, para cada concentración seleccionada, se evaluaron los potenciadores en el salchichón con dos reducciones de sodio, 45% y 25%, mediante el uso de pruebas tétrada. Se compararon los controles reducidos en sodio sin potenciadores contra los salchichones reducidos con adición de potenciadores. En este caso los panelistas solamente encontraron diferencia significativa entre el control reducido 45% contra el salchichón reducido 45% con mezcla de especias como potenciador. En general, cuando se comparó este control reducido 45% contra las formulaciones con potenciadores los valores de d' fueron mayores que 1. Cuando se utilizó reducción de sodio de 25% la diferencia percibida fue pequeña, según los valores de d' .

También se comparó el control sin reducción de sodio contra las formulaciones reducidas en sodio con potenciadores, y en este caso los consumidores pudieron encontrar diferencia significativa para todas las comparaciones. Sin embargo, los valores de d' fueron cercanos y mayores a 1 cuando se comparó el control sin reducción contra las formulaciones reducidas en sodio 25% con potenciadores, lo que indicó que para los consumidores la diferencia era confusa, y los potenciadores tuvieron efecto. Mientras que los valores de d' cercanos a 2 cuando la reducción fue de 45% indicaron que la diferencia entre los productos fue menos confusa.

Se evaluó la aceptación tanto de las formulaciones control con y sin reducción de sodio, como de las reducidas con adición de potenciadores de sabor. En general, al consumidor le agradó más el salchichón cuando contenía extracto de levadura o suero en polvo como potenciador independientemente de la reducción de sodio aplicada. Se destaca que fueron más gustadas las formulaciones reducidas en sodio con potenciadores que la formulación control sin reducción. Por lo tanto, se concluye que es posible realizar reducciones de sodio en salchichón sin afectar la calidad sensorial del mismo; sin embargo, para realizar una reducción de sodio se deben tomar en cuenta otros aspectos de calidad como la estabilidad microbiológica y la textura del producto.

SALCHICHÓN, EMBUTIDOS, REDUCCIÓN DE SODIO, CLORURO DE SODIO,
POTENCIADORES DE SABOR, TÉTRADA

I. Justificación

Las enfermedades cardiovasculares son la causa principal de muerte e invalidez a nivel mundial. La hipertensión arterial, el colesterol alto y el fumado, son los factores de mayor riesgo; entre estos la hipertensión arterial es el factor de riesgo más importante (He & McGregor, 2009). Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2010), en el continente americano entre una quinta y una tercera parte de los adultos son hipertensos, y en Costa Rica se estima que una cuarta parte de la población adulta padece de hipertensión arterial (Ministerio de Salud *et al.*, 2010).

Está comprobado por muchos estudios que el consumo de sal es la causa principal de la hipertensión y, por tanto, un factor de riesgo de muchas de las enfermedades cardiovasculares de la población. La evidencia que existe al respecto es mucho mayor que la de otros factores de estilo de vida, como por ejemplo el sobrepeso, la falta de ejercicio y el bajo consumo de frutas y vegetales (He & McGregor, 2009). La Organización Panamericana de la Salud (2010) también apoya esta afirmación, ya que declara que a medida que aumenta el consumo de cloruro de sodio se genera un aumento en la presión arterial. Expresando este alto consumo de sal en números, la cantidad recomendada de ingesta diaria por persona es de 5g, y esta cantidad puede ser incluso más del doble en América, tanto para los adultos como para los niños.

Como respuesta a los efectos negativos para la salud que ha producido el alto consumo de sodio, el Ministerio de Salud en el año 2011, desarrolló el “Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica” por medio del cual propone reducir el consumo total de sodio en un 15% en el período de 2013-2021.

Una gran parte del cloruro de sodio que se consume es proveniente de los alimentos procesados, principalmente de productos cárnicos y derivados de cereales (Totosaus, 2007). Según Bobowski y Vickers (2012) la contribución de los alimentos procesados al consumo diario de sal es muy alta, lo que demuestra que una buena estrategia para reducir el consumo de sal en la población sería disminuir su adición durante el procesamiento de los alimentos en la industria. En Costa Rica, de acuerdo con Blanco-Meltzer *et al.* (2015), los alimentos procesados constituyen la segunda fuente principal de cloruro de sodio para los consumidores.

Las formulaciones de embutidos costarricenses, según Blanco-Meltzer *et al.* (2015), rondan los 898 mg de Na por cada 100g de producto, lo que representa un 37,4% de la recomendación diaria de sodio (2400 mg) si se ingieren 100g de producto, y ante esta situación es recomendable desarrollar productos con niveles más bajos de sodio que los consumidos actualmente. Los productos cárnicos están dentro de los alimentos procesados que mayor sodio aportan a los consumidores, además de que su consumo ha sido alto en nuestro país y en el mundo desde hace algunos años.

La comercialización de embutidos tuvo un gran crecimiento gracias principalmente a lo económico y práctico que resultaba para los consumidores prepararlos y consumirlos. La sustitución de las porciones de carne con salchichas, mortadela, salchichón o chorizo han sido comunes para una gran parte de la población, sobre todo para las personas de clase baja, media-baja y media. Las razones por las que se ha realizado esta sustitución principalmente son la escasez de tiempo para preparar carnes, la falta de dinero para adquirirla, o porque simplemente lo prefieren por sus características sensoriales (Jiménez, 2011).

Según Euromonitor International (2016), debido al aviso de la Organización Mundial de la Salud a finales del 2015 sobre el riesgo a la salud que implica el consumo de productos cárnicos procesados, especialmente dando énfasis a que estos pueden provocar cáncer, su consumo en Costa Rica se vio ligeramente afectado porque el consumidor tomó conciencia al respecto, viéndose disminuido su crecimiento en los últimos dos años.

A pesar de que se dio un crecimiento en las ventas en cada año, en los últimos dos años este crecimiento ha disminuido por lo antes mencionado. Esto abre las puertas a que se desarrollen productos cárnicos procesados (embutidos en este caso) que tengan características más saludables para ser más atractivos al consumidor y asimismo ayudar a disminuir el riesgo de enfermedades asociadas con el consumo este tipo de productos.

Ruusunen y Puolanne (2005) también concuerdan en que la industria cárnica y los consumidores están conscientes de la relación entre el sodio y los problemas de salud asociados, especialmente la hipertensión y, debido a esto la demanda de productos cárnicos bajos en cloruro de sodio se ha incrementado en el siglo XXI.

A pesar de que es necesario disminuir el contenido de sodio en la dieta para combatir el alto riesgo de sufrir los problemas de salud mencionados anteriormente, la sal cumple un rol importante en el procesamiento de los productos cárnicos. De acuerdo a

Martin (2012), desde hace siglos la sal se utilizaba para preservar y extender la vida útil de la carne. Además, este ingrediente le brinda uno de los sabores más básicos a los productos cárnicos y cumple con algunas otras funciones, por ejemplo: la extracción y solubilización de las proteínas miofibrilares, mejora el sabor y el aroma, aumenta la capacidad de emulsificación, disminuye la actividad de agua (lo que contribuye a controlar el crecimiento microbiano) y mejora el color (Almada *et al.*, 2009). También aumenta la capacidad de retención de agua y mejora la firmeza (Albarracín *et al.*, 2011). Por estas razones no es sencillo desarrollar embutidos reducidos en sodio, ya que se pueden ver afectadas algunas características importantes.

No es posible sustituir totalmente el efecto del cloruro de sodio por medio de algún otro ingrediente, ya que, además de que es un ingrediente barato, sustituirlo significa un aumento en los costos de producción. Sin embargo, cuando se disminuyen los niveles de sodio en algún producto de manera significativa, es necesario utilizar sustitutos o potenciadores de sabor para no comprometer la calidad del mismo (Paulsen *et al.*, 2014).

Un ingrediente que funciona como potenciador de sabor es el extracto de levadura. Mahadevan y Farmer (2006) mencionan que este ingrediente es fuente natural de un gran número de compuestos volátiles y que se ha usado mucho como precursor de compuestos que aportan sabores y aromas agradables en productos cárnicos. En un estudio hecho por Bastianello-Campagnol *et al.* (2011) se utiliza un extracto de levadura como potenciador de sabor en un embutido fermentado reducido en sodio, en niveles de 1% y 2%, y se obtuvieron resultados positivos utilizando ambas concentraciones.

Recientemente también se ha utilizado suero lácteo como sustituto de sal en varios productos ya que tiene un bajo contenido de sodio. Su capacidad de potenciar el sabor salado se le atribuye principalmente a los minerales que posee (sodio, potasio, magnesio y calcio), mientras que la de aumentar el sabor y el aroma se le atribuye a los compuestos nitrogenados no proteicos. También puede contribuir a mejorar las características de textura y la capacidad de retención de agua en un embutido (Greiff *et al.*, 2015; Pszczola, 2007; Minasian, 2011). Además, cabe destacar que el suero es un subproducto que ha sido históricamente un gran contaminante para el ambiente, por lo que utilizarlo como un ingrediente funcional en algún producto es de gran provecho (Hernández-Rojas & Vélez-Ruíz, 2014).

Pietrasik y Gaudette (2015) mencionan que otra manera de sustituir la sal en los productos cárnicos es mediante el uso de ingredientes que provoquen el sabor umami. En el experimento realizado por Lee (2011) se analizó la intensidad del sabor salado y el umami en extractos acuosos de 13 plantas distintas, de las cuales hicieron una mezcla para hacer un sustituto de sal. De esas 13 plantas, las que se cultivan en Costa Rica y que son comunes en nuestra gastronomía, se encuentran el rábano, la cebolla y el ajo, que son las que se ha estudiado que tienen mayor intensidad del sabor umami, además de los champiñones, que tienen una alta intensidad del sabor salado comparado con las demás plantas según los resultados de dicha investigación.

En la presente investigación se desarrollaron y evaluaron sensorialmente formulaciones de salchichón reducidas en sodio con extracto de levadura, suero lácteo seco y una mezcla de rábano, cebolla, ajo y champiñones como potenciadores de sabor. Se desarrollaron y se evaluaron las formulaciones de un salchichón de res y cerdo, ya que según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de hogares (ENIGH) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2013), el producto “salchichón de res o cerdo” fue el embutido que mayor número de hogares adquirió, además de ser también el que generó un mayor gasto de consumo mensual en los hogares costarricenses en el rubro de productos cárnicos procesados.

II. Objetivos

2.1 Objetivo General

- ✓ Evaluar mediante pruebas sensoriales de diferencia y aceptación, distintos salchichones reducidos en sodio, con adición de extracto de levadura, suero lácteo y una mezcla de especias como potenciadores de sabor, con el fin de lograr un aumento en la sensación de sabor salado.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Definir las concentraciones de los potenciadores de sabor a utilizar en las formulaciones de salchichón por medio de una prueba de aceptación utilizando un modelo cárnico sencillo.
- ✓ Evaluar mediante pruebas de discriminación tétrada el uso de tres potenciadores de sabor que produzcan una sensación de sabor salado similar al adicionarlos en salchichón reducido en sodio con respecto al salchichón regular sin potenciadores.
- ✓ Determinar la aceptación de las diferentes formulaciones de salchichón reducido en sodio con potenciadores de sabor y las formulaciones control mediante una prueba con consumidores.

III. Marco Teórico

3.1 Consumo de sal y sus implicaciones en la salud

En la mayoría de países el consumo de sodio diario excede los límites nutricionales recomendados por las autoridades de salud, siendo el cloruro de sodio la principal fuente de este en la dieta de las personas. El sodio tiene funciones importantes en el organismo humano, como regular el ritmo cardíaco y el contenido de agua, favorecer la transmisión de impulsos nerviosos, ayudar en la contracción muscular, participar en el equilibrio ácido-base del cuerpo y ser parte de la bomba sodio-potasio a nivel celular. A pesar de ser indispensable, también su consumo excesivo puede traer consecuencias negativas para la salud (Barat & Toldrá, 2011; Totosaus, 2007).

En Estados Unidos el promedio del consumo diario de sal por persona es de 7 g, lo cual es el doble de lo que el cuerpo necesita, y en México se estima que el consumo diario puede rondar los 10 g, lo cual excede aún más el límite recomendado. En Costa Rica la población ingiere un promedio de 7 g al día de sal de mesa pero se desconoce cuánta sal se consume proveniente de alimentos procesados, por lo tanto es probable que este valor se incremente significativamente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) asumieron el compromiso de promover una reducción en el consumo de sal a nivel mundial a menos de 5 g de sal o lo que equivale a 2 g de sodio por persona por día (Albarracín *et al.*, 2010; Ministerio de Salud, 2011; Totosaus, 2007).

En el mundo el factor principal de riesgo de muerte es la hipertensión arterial, y esta a su vez es la segunda causa de accidentes cerebrovasculares, insuficiencia renal y discapacidad por enfermedad cardíaca. Hay suficiente evidencia para afirmar que el consumo excesivo de sal es el factor principal que está incrementando los casos de hipertensión arterial y por lo tanto las enfermedades cardiovasculares (He & MacGregor, 2009; Ministerio de Salud, 2011).

Se han hecho estudios recientemente en los cuales se sugiere que en los Estados Unidos una disminución diaria de 3 g en el consumo de sal podría representar un decrecimiento en el número de fallecimientos anuales de entre 44.000 y 92.000, así mismo

una disminución de los gastos en salud anuales de entre 10 y 24 billones de dólares. A pesar de que los estudios aplican solamente para los Estados Unidos, son un reflejo de los beneficios económicos y a nivel de salud pública que la reducción en el consumo de sodio podría traer a cualquier país donde en la actualidad existan estos problemas (Bibbins-Domingo *et al.*, 2010).

3.2 Embutidos

3.2.1 Generalidades

Los embutidos tienen como ingrediente principal la carne, vísceras y otros subproductos de origen cárnico que pueden pasar por un proceso de picado y/o curado; estas materias primas deben provenir de animales de abasto sanos, sacrificados en mataderos autorizados y con inspección oficial médico veterinario. Además de las materias primas cárnicas los embutidos pueden contener sal, sal de cura (nitritos), especias, fosfatos, lactatos, eritorbato o ascorbato, agua, grasas de origen animal y/o vegetal, vegetales frescos o secos, almidones, azúcares, derivados lácteos y otros aditivos e ingredientes proteicos. Las materias primas cárnicas y los demás ingredientes son mezclados y embutidos en fundas sintéticas, de origen animal o una mezcla de estas, y pueden o no ser sometidos a un proceso de cocción y de ahumado (MEIC-MAG-S, 2009; Maddock, 2012).

A través de todo el proceso que implica elaborar un embutido, desde el picado, el curado, la mezcla de todos los ingredientes y la cocción, las materias primas como un todo adquieren un mejor sabor, pueden tomar diferentes formas y tamaños y su vida útil se alarga considerablemente. Estas características hacen de los embutidos productos versátiles y de alto consumo a nivel costarricense y mundial, y a su vez cobran importancia en cuanto a la salud y nutrición de la población (AAPPA, 2004; MEIC-MAG-S, 2009).

Los embutidos son fundamentalmente una emulsión cárnica bifásica que consiste en una matriz de proteínas solubilizadas en un medio acuoso con cierta concentración de sal, que contiene partículas de grasa suspendidas. Las partículas o glóbulos de grasa componen la fase dispersa de la emulsión, mientras que la solución acuosa que contiene las proteínas

solubles, el tejido conectivo y otras partículas cárnicas representa la fase continua (Amerling, 2001; Ugalde-Benítez, 2012).

En esta emulsión cárnica tanto las proteínas sarcoplasmáticas como las miofibrilares funcionan como agentes emulsificantes, aunque son las miofibrilares y en particular la miosina la que se absorbe entre la interface agua-grasa. Una vez que los glóbulos de grasa son rodeados por las proteínas la emulsión se forma, y posteriormente durante el proceso de cocción dicha emulsión se termina de estabilizar gracias a la desnaturalización de las proteínas causada por el tratamiento térmico. Las proteínas miofibrilares tienen la capacidad de formar un gel fuerte, pero no así las sarcoplasmáticas, por lo tanto la retención de agua se vuelve una característica muy importante en la carne que se utiliza para la producción de embutidos (Ugalde-Benítez, 2012).

El embutido con el que se trabaja en la presente investigación es el salchichón, el cual en el decreto oficial costarricense emitido por MEIC-MAG-S (2009) se define como “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”.

En el siguiente cuadro se pueden observar las ventas de productos cárnicos procesados almacenados en refrigeración, entre 2011 y 2016 dadas en miles de toneladas y en billones de colones, datos para Costa Rica.

Cuadro I. Ventas de productos cárnicos procesados refrigerados en Costa Rica entre los años 2011 y 2016.

Unidad/Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Miles de toneladas	23,7	24,8	25,8	26,7	27,2	27,6
Billones de colones	83,1	91,2	100,2	108,4	113,4	119,2

*Euromonitor International (2016).

3.2.2 *Procesamiento*

El salchichón cocido, es uno de los embutidos más consumidos alrededor del mundo. Estos deben ser cocidos completamente antes de que salgan al mercado y además mantenerse almacenados en refrigeración para poder conservarse en buen estado (Maddock, 2012).

Para su proceso de elaboración la carne utilizada primero debe ser molida y luego picada junto con el resto de los ingredientes. Para lograr la emulsión se debe picar la carne muy finamente utilizando el equipo adecuado que generalmente es una “cutter” (así llamada industrialmente), en este punto se agregan todos los demás ingredientes cárnicos y no cárnicos, entre ellos la sal, que es clave para extraer las proteínas que emulsifican la grasa del producto. La “cutter” posee una serie de cuchillas que hacen el trabajo de picar muy finamente la carne y además mezclarla con los demás ingredientes, en este proceso la temperatura tiende a aumentar por la fricción, por lo que es necesario agregar hielo o agua helada a la mezcla para mantener la temperatura baja y facilitar el picado y la formación de la emulsión (Hui, 2012; Ugalde-Benítez, 2012).

Luego de formarse la emulsión la mezcla queda lista para ser embutida, esto se puede realizar en un equipo manual o automático y hay gran variedad de fundas que se pueden utilizar, las que son naturales hechas a partir de partes del sistema digestivo de animales de abasto, de colágeno extraído de pieles de res o cerdo, de celulosa, y las sintéticas. Las fundas sintéticas y las de celulosa deben ser retiradas antes de comer ya que no son comestibles, a diferencia de la mayoría de fundas naturales que sí se pueden consumir. Las fundas también pueden ser permeables o impermeables, las primeras ideales cuando se realiza la cocción en un horno y también se desea aplicar ahumado, las segundas ideales cuando se realiza una cocción por inmersión en agua caliente (Hui, 2012).

Luego de que el producto se embute en las fundas respectivas se lleva a cabo la cocción, la cual puede realizarse de múltiples formas, en hornos (ahumadores o no), por inmersión en agua caliente, con vapor y otras. El tratamiento térmico que debe ser aplicado a un embutido cocido debe alcanzar una temperatura mínima de 72° C por un tiempo requerido para asegurar que el producto no represente un peligro para los consumidores y se mantenga inocuo y libre de alteraciones luego de su fabricación y comercialización (Maddock, 2012; MEIC-MAG-S, 2009).

3.2.3 Funciones de los ingredientes no cárnicos

Entre su formulación, además de los ingredientes cárnicos (que son la base de todo embutido) los embutidos incluyen algunos ingredientes no cárnicos que son claves para la formación y estabilización de la emulsión, la conservación y la obtención de las características sensoriales propias de este tipo de productos. Entre los ingredientes no cárnicos más importantes se encuentran los nitritos o nitratos, los fosfatos, el eritorbato y ascorbato, el almidón, la proteína de soya, los condimentos o especias y por supuesto la sal (Hui, 2012), este último se explicará más a fondo en la siguiente sección.

Los nitritos o nitratos son indispensables para producir el curado de los embutidos, un proceso particular que cumple cuatro funciones importantes en el producto: inhibir el deterioro y algunos microorganismos anaerobios que pueden causar intoxicaciones (especialmente los del género *Clostridium*), retardar la rancidez oxidativa, estabilizar el color rosado y contribución al desarrollo del sabor (Jiménez-Colmenero & Blázquez-Solana, 2008).

El color rojo en la carne curada es desarrollado durante una serie de reacciones complicadas, desde la reducción del nitrito (NO_2) a óxido nítrico (NO), hasta llegar a la formación de la nitrosilmioglobina [NO -mioglobina (Fe^{2+})]. Este último compuesto le da un tono rojo oscuro a la carne, estando esta cruda. Cuando ocurre la cocción la nitrosilmioglobina reacciona gracias al calor y se produce el nitrosilhemocromo, compuesto responsable del color rosado típico de la carne curada (Honikel, 2008).

Las reacciones que conllevan al desarrollo del color son las mismas que ayudan a que se evite la oxidación de las grasas. Esto porque el hierro que forma parte de la mioglobina funciona como un catalizador de las reacciones de oxidación, y cuando el nitrito reacciona para formar los pigmentos del curado, el hierro es retenido en estos en su forma Fe^{+2} , haciendo que pierda su disponibilidad como catalizador de las reacciones de oxidación de las grasas (Martin, 2012).

Como se mencionó anteriormente, el nitrito funciona como un inhibidor de las bacterias del género *Clostridium*, y esta es quizá la función más importante del compuesto en los embutidos curados, ya que tiene que ver directamente con el aseguramiento de la inocuidad del producto. Algunos estudios han sugerido varios mecanismos por los que el nitrito inhibe el crecimiento del *Clostridium* sp, entre ellos la oxidación o reducción

provocada por el nitrito o intermediarios a enzimas intracelulares o ácidos nucleicos, la restricción del hierro y otros metales esenciales para el *Clostridium* sp por parte del nitrito, reacciones del nitrito con las membranas celulares limitando intercambios metabólicos o transporte de sustratos. Es muy posible que exista más de uno de estos mecanismos en un sistema biológico tan complejo como lo es la carne (Martin, 2012).

Otro ingrediente fundamental son los fosfatos; entre sus funciones se encuentran aumentar la capacidad de retención de agua de la carne, solubilizar las proteínas, actuar como antioxidantes y estabilizar el sabor y el color del producto, además de incrementar la vida útil del producto. La función por la que más se utilizan es para disminuir la merma de agua y la contracción durante la cocción, esto gracias a su capacidad para modificar el pH del medio y aumentar la fuerza iónica de las fibras musculares, provocando un incremento en la hidratación y solubilización de las proteínas. Los fosfatos más utilizados en los productos cárnicos son el pirofosfato, el tripolifosfato y el hexametáfosfato. El contenido máximo permitido en Estados Unidos es de un 0,5% en el producto final (Hui, 2012; Rogers 2001; Xiong, 2012).

Por otro lado, el eritorbato y el ascorbato son agentes aceleradores del curado, es decir, ayudan a acelerar la conversión del nitrito a óxido nítrico para lograr el desarrollo del color curado más rápidamente. Los beneficios principales de estos ingredientes son: disminuye el tiempo de curado, la obtención de un color más uniforme en el producto final, y mantener mejor el sabor y el color durante el almacenamiento (Barbut, 2001; Martin, 2012).

Otro ingrediente que cumple funciones importantes en la fabricación de embutidos son los almidones. Estos, por su afinidad con las moléculas de agua, se comportan como hidrocoloides, lo que les permite absorber agua e hincharse, volverse más espesos y formar geles. Entre otras propiedades los almidones también pueden emulsificar la grasa, encapsular partículas de grasa y estabilizar la emulsión cuando se trata de embutidos. Los almidones se aplican generalmente arriba de un 3,5% en la formulación de un embutido, esto provoca una mejora en la textura del producto y una mayor capacidad de retención de agua. Es importante destacar que para que funcione el almidón, su temperatura de gelatinización debe estar entre 65°C y 75°C que son por lo general las temperaturas máximas de cocción. Los almidones más comúnmente utilizados en la industria de embutidos son el de papa, yuca, trigo, maíz y arroz (Martin, 2012; Xiong, 2012).

La proteína de soya es utilizada en los embutidos como un extensor o relleno que además tiene la capacidad de ligar agua. Por lo general se aplica en un 2% o más como aislado de soya o en un 3,5% o más como concentrado de soya, de esta forma logra mejorar la textura del producto y la facilidad con la que se rebana, además de aumentar el rendimiento. Algo muy importante para cualquier empresa es que reduce los costos de producción, ya que su precio está muy por debajo del precio de la carne magra (Fernández *et al.*, 2005; Xiong, 2012).

Para darle sabor a los embutidos además de la sal se utiliza gran variedad de especias y hierbas, y mezclas de estas. Las especias se definen como sustancias cuya función es contribuir al sabor de los alimentos, sin necesidad de brindar un aporte nutricional. Los compuestos aromáticos que son los encargados de aumentar el sabor, están en su mayoría presentes en los aceites esenciales (volátiles), resinas u oleorresinas de la especia correspondiente. Además de aportar sabor, algunas de estas especias tienen la ventaja de poseer actividad antioxidante y antimicrobiana, lo cual se atribuye principalmente a algunos compuestos fenólicos presentes en dichas especias (Coggins, 2001; Hui, 2012).

3.2.4 Funciones de la sal (NaCl)

La sal (cloruro de sodio) es un compuesto iónico que se compone de un catión (cargado positivamente), en este caso el sodio, y un anión (cargado negativamente) que es el cloro. A pesar de que la sal es eléctricamente neutral, cuando esta se encuentra en una solución acuosa (como en la fase acuosa de los embutidos) los iones sodio y cloro se disocian, convirtiéndose así en sustancias capaces de reaccionar con las proteínas y otros constituyentes de la carne (Xiong, 2012).

El cloruro de sodio es el ingrediente más básico para el curado de la carne y sin su inclusión en el proceso de curado, este no sería posible. Además de que brinda uno de los sabores más básicos, actúa como agente antimicrobiano y es indispensable para la solubilización de las proteínas musculares. La sal ayuda a deshidratar la carne y altera la presión osmótica evitando el crecimiento bacteriano y, por ende, retarda el deterioro de los embutidos (Martin, 2012; Xiong, 2012).

Ugalde-Benítez (2012) afirma que la retención de agua en los embutidos depende fundamentalmente del arreglo espacial que toman las fibras de la actina y la miosina, que a su vez depende del arreglo de cargas eléctricas en la carne, lo cual es afectado principalmente por el pH de la misma y además por la adición de cloruro de sodio. En el caso del efecto del cloruro de sodio lo que sucede es que las cargas positivas del sodio forman un enlace débil con las cargas negativas de las proteínas, al mismo tiempo que las cargas negativas de los iones cloruro forman un enlace fuerte con las cargas positivas de las proteínas, y gracias a la formación de esta red se produce un cambio en el punto isoeléctrico que permite que las proteínas interactúen con más moléculas de agua.

La descripción anterior se refiere a uno de los dos mecanismos por los que actúa la sal para darle funcionalidad a las proteínas de la carne, que se le puede llamar modificación de las interacciones proteína-proteína. El otro mecanismo es actuar como auxiliar en la extracción de proteínas. Cuando la carne cruda es picada finamente en presencia de cloruro de sodio las miofibrillas se desintegran y se disocian, lo que conlleva a la extracción de la miosina, la actina y las demás proteínas miofibrilares solubilizadas (Xiong, 2012).

Al aumentar su capacidad de retención de agua, las proteínas pueden ayudar en la emulsificación de las partículas de grasa del producto, ya que logran revestir los glóbulos de grasa e incrementan la viscosidad de la mezcla cárnica para que se lleve a cabo la incorporación de la grasa de una forma más sencilla. En la cocción, al aumentar la temperatura, las proteínas extraídas se coagulan haciendo que las partículas cárnicas se unan, adhieran agua y formen una matriz que permite que la grasa fusionada sea retenida, y de esta manera también se logra reducir la merma por cocción (Barbut, 2001).

3.2.5 Disminución de sal en embutidos

Anteriormente se mencionaron y explicaron las funciones más importantes que tiene la sal en los alimentos, especialmente en los embutidos. También se recalcó que es necesario realizar una reducción del consumo de sal en la población para disminuir los problemas de salud relacionados con el abuso de su ingesta. Dado que los embutidos son de los alimentos procesados que aportan más sal, se desea realizar una reducción en su contenido de sodio como una ayuda a la disminución en su consumo por parte de la

población, lo cual presenta algunas dificultades tecnológicas y sensoriales que la industria tiene que enfrentar.

Una reducción de cloruro de sodio en un embutido podría producir una disminución de la capacidad de retención de agua de la emulsión y un efecto negativo en las propiedades físicas del producto final que se podrían reflejar en mayores pérdidas por merma durante la cocción, por lo tanto un producto más seco y, por ende, una pérdida económica importante. Además la vida útil del producto puede disminuir por el aumento en el agua disponible (a_w), la cual lo haría menos estable microbiológicamente. Por último la aceptabilidad del producto por parte del consumidor se podría ver reducida por los cambios sensoriales que implica. Por eso es importante que la industria genere alternativas que puedan amortiguar o eliminar dichos problemas cuando se realice esta reducción de sal (Barbut, 2001).

Se han probado varias alternativas para producir embutidos reducidos en sodio, una de las más utilizadas es la sustitución parcial del cloruro de sodio con cloruro de potasio, lo cual genera una alta funcionalidad en el producto, pero al mismo tiempo, a ciertas concentraciones puede aumentar un sabor amargo y metálico indeseable que disminuye la aceptabilidad del embutido, por lo tanto su uso se ve limitado. En otros intentos también se han probado compuestos o productos que realcen el sabor umami, o potenciadores de sabor como el extracto de levadura y otros extractos de vegetales. Muchas veces se realizan combinaciones entre sales como el cloruro de potasio, calcio o magnesio con glicina, lisina, extractos de levadura, lactatos y otros (Pietrasik & Gaudette, 2014; Bou *et al.*, 2017; Sugita, 2001).

3.2.6 Potenciadores de sabor

Un potenciador de sabor es una sustancia que se añade a un alimento con el fin de sustituir o potenciar su sabor y aroma original. Las sustancias más comúnmente utilizadas para lograr este objetivo son el glutamato monosódico, el inosinato disódico y el guanilato disódico. Estas son las principales sustancias responsables de dar el sabor umami, que desde hace algunos años es considerado el quinto sabor básico junto con el salado, dulce, ácido y amargo. Tanto el glutamato como los nucleótidos inosinato y guanilato, son

componentes claves en organismos vivos, por lo tanto están presentes en distintas cantidades en alimentos de origen animal y vegetal (Sugita, 2001).

Según el Reglamento Técnico Centroamericano (2010) los potenciadores de sabor se definen como “acentuadores del aroma”, aditivos alimentarios que realzan el sabor y/o el perfume que tiene un alimento. Y los mencionados, glutamato, inosinato y guanilato son parte de los aditivos permitidos a los que se les atribuye esta función.

El extracto de levadura es uno de los potenciadores de sabor que se utilizan para mejorar el sabor del salchichón reducido en sodio. Según Mahadevan & Farmer (2006) los extractos de levadura son una fuente natural de compuestos volátiles y se han utilizado ampliamente como potenciadores de sabor por su capacidad de brindar una gran cantidad de aromas y sabores agradables en productos cárnicos especialmente. Bastianello-Campagnol *et al.* (2011) realizaron una investigación que es ejemplo de dicho uso de los extractos de levadura, en la cual evaluaron dos concentraciones distintas de un extracto de levadura sobre un embutido fermentado, obteniendo resultados positivos a nivel sensorial.

El suero lácteo es un subproducto de la elaboración del queso, en donde la caseína (principal proteína de la leche) es separada de la leche mediante su precipitación junto con la grasa, dejando al suero como residuo. Este suero ha sido utilizado principalmente como alimento animal, pero actualmente su uso en alimentos para seres humanos se ha expandido mucho gracias al reconocimiento de sus propiedades nutricionales y funcionales. Entre sus componentes están proteínas, lactosa, minerales (ejemplo: calcio, fósforo, magnesio, zinc), vitaminas y trazas de grasa láctea. Para utilizarlo en la industria alimentaria, el suero generalmente se concentra por evaporación hasta obtener productos condensados e incluso el producto seco en polvo. Este tiene una gran variedad de usos, por ejemplo en productos de panadería y repostería, bebidas, enlatados (frutas y vegetales), salsas y aderezos, alimentos congelados, lácteos, pastas y productos cárnicos (Miller *et al.*, 2006).

Gracias a la cantidad de minerales que posee el suero lácteo en forma de sales (sodio, potasio, magnesio y calcio), este tiene la capacidad de aumentar el sabor salado de un alimento. De hecho, se ha utilizado como sustituto de sal en varios productos ya que contiene un nivel bajo de sodio. También contiene algunos compuestos nitrogenados no proteicos que pueden potenciar el sabor y el aroma (Pszczola, 2007; Minasian, 2011).

Otro potenciador de sabor es una mezcla de especias. Las especias son sustancias vegetales que han pasado por un proceso de secado. El término “especia” se utiliza para

denominar todos los productos secos de plantas que incluyen hierbas, semillas aromáticas y vegetales deshidratados. Estas son naturales y poseen variaciones en su sabor, fuerza y calidad según las condiciones climáticas. Las especias tienen la capacidad de potenciar las características de sabor de casi cualquier alimento y son utilizadas muchas veces para sustituir el uso de sal por su bajo contenido de sodio. Entre los grupos de alimentos en los que se utilizan más las especias se encuentran los productos cárnicos, pescado, snacks, productos de panificación, productos vegetales y otros, y entre estos la industria cárnica es la de mayor consumo (Coggins, 2001).

La mezcla a base de partes iguales de ajo, cebolla, champiñones y rábanos, todos secos en polvo, también tienen capacidad de potenciar el sabor salado. El ajo y la cebolla son especias de la misma familia (Alliaceae), sus nombres científicos son *Allium sativum* y *Allium cepa* respectivamente y ambos son muy utilizados a nivel mundial para aportar principalmente sabor a los alimentos. Tanto el ajo como la cebolla tienen un aroma fuerte y un sabor picante y ligeramente dulce, y cuando se encuentran en su forma deshidratada su sabor incrementa su fuerza. Los aceites esenciales de ambas especias se conforman principalmente de compuestos sulfurados que son los responsables de su particular aroma (Uhl, 2000).

Los champiñones blancos (*Agaricus bisporus*) son los hongos comestibles más comunes y producidos a nivel mundial y su uso en la alimentación se ha expandido a casi todas las culturas (Chang & Miles, 2009). Su aroma característico se debe principalmente a la presencia de compuestos volátiles de ocho carbonos y a otros compuestos sulfurados. Los hongos en general se han caracterizado por potenciar el sabor umami ya que contienen aminoácidos y nucleótidos, que son los compuestos responsables de generar este sabor. Específicamente el aminoácido ácido glutámico y sus sales correspondientes (glutamato), y los nucleótidos inosinato y guanilato son los compuestos más comunes y en mayor abundancia en los alimentos que tienen la capacidad de proveer el sabor umami (Lorjaroenphon *et al.*, 2015; Sugita, 2001).

El rábano (*Raphanus sativus*) es un vegetal comúnmente consumido a nivel mundial cuya parte comestible es su raíz. Este posee un aroma y sabor pungentes que son muy característicos (Lorjaroenphon *et al.*, 2015). En el estudio realizado por Lee (2011) se muestra que el rábano es uno de los vegetales que presentan mayor sabor umami entre los

estudiados, por lo tanto se considera que podría tener la capacidad de potenciar el sabor de ciertos alimentos.

3.3 Análisis Sensorial

3.3.1 Generalidades

El análisis sensorial es una ciencia que consiste en la evaluación de características sensoriales de los alimentos mediante el uso de los sentidos (gusto, vista, olfato, tacto y oído) por parte de consumidores que realizan la evaluación de las muestras específicas, es decir, estas personas son las que tienen el papel de instrumentos de medición. Gracias al análisis sensorial, es posible obtener muchos beneficios a nivel industrial, como por ejemplo el desarrollo de nuevos productos y el mejoramiento de los que ya se producen, como herramienta en el control de calidad y en estudios de almacenamiento y vida útil (Meilgaard *et al.*, 2007; Watts *et al.*, 1992).

3.3.2 Pruebas de discriminación: Tétradas

Las pruebas de discriminación sensorial se encuentran dentro de las pruebas más clásicas y utilizadas en la ciencia del análisis sensorial. Estas pruebas son útiles cuando se busca determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes entre sí (Stone & Sidel, 1993). Es importante para realizar la prueba, que la diferencia entre las dos muestras a analizar sea muy sutil o confundible, y de esta forma le genere al consumidor cierta dificultad para diferenciar las muestras (Angulo & O'Mahony, 2009; Lawless & Heymann, 2010).

Los tipos de pruebas de diferenciación más comúnmente utilizados son el 2-AFC (2- escogencia forzada alternativa por sus siglas en inglés), el 3-AFC, la prueba dúo trío, la prueba triangular y la tétrada. Todas consideradas pruebas de escogencia forzada debido a que se obliga al panelista a dar una respuesta aunque sea al azar, con el objetivo de evitar

que el mismo elabore una estrategia que le facilite tomar una decisión para escoger la respuesta correcta (Sancho *et al.*, 2001).

Las pruebas de discriminación tienen gran importancia a nivel industrial ya que las empresas tienen la posibilidad de aumentar sus ganancias en gran medida mediante la sustitución eficaz de un ingrediente o de ahorrar mucho dinero por no realizar un cambio que hubiese implicado un producto perceptiblemente diferente (Ennis, 2011).

La magnitud de la diferencia percibida entre dos estímulos se denomina d' . Este valor es la distancia entre las medias de las distribuciones medidas en términos de sus desviaciones estándar. Entre más grande sea el valor d' , habrá mayor diferencia entre la percepción de los productos, y un valor de $d'=1$ puede considerarse como valor de umbral en psicofísica (O'Mahony & Rousseau, 2002).

Según Ennis *et al.* (2014) en la prueba tétrada, se presentan cuatro muestras al panelista, dos de una versión del producto y dos de la otra, a quien se le pide en la instrucción que agrupe las muestras en dos grupos de dos según su semejanza. Los seis posibles órdenes de presentación (AABB, ABAB, ABBA, BABA, BAAB y BBAA) se equilibran a través del experimento. Si se agrupan las muestras correctamente la respuesta se considera un acierto. En esta prueba, la probabilidad de acertar debido al azar es de un tercio.

La prueba tétrada tiene la gran ventaja de que los experimentos en los que se deben detectar diferencias en forma confiable, usando este método sólo se necesita entre un tercio y la mitad del tamaño de muestra comparado con otras pruebas de discriminación. Lo anterior representa una gran ventaja industrialmente ya que la logística de las pruebas se simplifica y el costo disminuye (Ennis, 2011).

Según Food Safety International Network (2014) la prueba tétrada ha generado mucho interés debido a su capacidad para proporcionar una mayor potencia siendo no específica en cuanto a atributos se refiere. Que haya una mayor potencia implica que para el mismo tamaño de muestra es menos probable no encontrar la diferencia cuando ésta en realidad está presente. De igual forma, una mayor potencia significa que se pueden utilizar tamaños de muestra más pequeños para lograr el mismo rendimiento que con una prueba triangular.

3.3.3 Pruebas afectivas cuantitativas

Las pruebas afectivas cuantitativas son las que determinan las respuestas de un grupo representativo de consumidores, a preguntas sobre la preferencia, gusto y atributos sensoriales. El estudio o conocimiento amplio de las diferentes facetas del producto puede proporcionar información sobre los factores que afectan a la preferencia o el agrado de este. Estas pruebas también se utilizan para medir la respuesta de los consumidores a atributos sensoriales específicos de un producto (Meilgaard *et al.*, 2007).

Hay dos tipos de pruebas afectivas: preferencia y aceptación. Las pruebas de preferencia consisten en forzar al consumidor a elegir entre uno o varios productos, según este prefiera; mientras que en las pruebas de aceptación el consumidor otorga un puntaje al producto utilizando una escala para determinar cuánto le agrada (Meilgaard *et al.*, 2007).

Cuando se necesita optimizar la aceptación de un producto ya presente en el mercado, las pruebas de aceptación se aplican generalmente utilizando escalas hedónicas en donde se comparan directamente dos o más productos y se logra obtener el grado de aceptación de los mismos. Para esta combinación de pruebas se suele utilizar la llamada escala hedónica con referencias o escala híbrida de puntos (Bergara-Almeida y Da Silva, 2002; Stone y Sidel, 2004; Nicolas *et al.*, 2010).

En los paneles con consumidores no se utilizan panelistas entrenados pero es necesario que estos sean usuarios del producto a analizar. Generalmente, en este tipo de pruebas se entrevistan entre 100 a 500 personas. Una prueba realmente orientada al consumidor requiere la selección de un panel representativo de la población objetivo, lo que significa un aumento en el costo del proceso (Watts *et al.*, 1992).

Una de las técnicas utilizadas en estudios del consumidor es el análisis de “clusters” o grupos, la cual permite identificar similitudes entre las calificaciones u observaciones realizadas por parte de los consumidores para así separarlos en grupos o conglomerados (McEwan *et al.*, 1998).

IV. Materiales y Métodos

4.1. Localización

La elaboración del producto se llevó a cabo en la Planta Piloto del CITA y las pruebas sensoriales se realizaron en las instalaciones de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Ambas localidades pertenecen a la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica en San Pedro de Montes de Oca.

4.2. Materia Prima

Las distintas formulaciones de salchichón se elaboraron utilizando las materias primas que se presentan en el cuadro II.

Cuadro II. Materias primas para la elaboración de las distintas formulaciones de salchichón y sus respectivos proveedores.

Ingrediente	Proveedor
Carne de res (recortes)	Carnes Castillo
Carne de cerdo (recortes)	Carnes Castillo
Tocino	Carnes Castillo
Concentrado de soya	Condimentos Tiquicia
Almidón de papa	Condimentos Tiquicia
Condimento para salchichón	Condimentos Tiquicia
Cloruro de sodio	Condimentos Tiquicia
Sal de cura	Condimentos Tiquicia
Tripolifosfato de sodio	Condimentos Tiquicia
Eritorbato de sodio	Condimentos Tiquicia
Colorante rojo carmín	Kerry
Extracto de levadura	Kerry
Suero lácteo seco	Insagro
Rábano	Procesados Frescos S.A
Cebolla en polvo	Badia
Ajo en polvo	Badia
Champiñones	Procesados Frescos S.A

4.3. Elección de porcentajes de reducción de sal

Para elegir los niveles de sodio a utilizar en el salchichón, se estableció un contenido de sodio como punto de referencia, es decir un control. Para esto se tomaron como base los resultados obtenidos en el trabajo final de graduación de Hernández-Campos (2017), que se encuentra bajo el marco del proyecto de investigación dentro del cual también se realiza este trabajo. En este se midió el sodio de varias muestras de salchichón comercial además de tomar en cuenta el valor reportado por el INCIENSA que incluía solo una muestra del mercado. A partir de dicho estudio se obtuvo un valor de contenido de sodio inicial que se estableció como el control, el cual fue de 1057 mgNa/100g de producto.

Se escogieron tres diferentes niveles de sodio para la elaboración de los salchichones. El primero es el control antes mencionado, que tiene aproximadamente 1057 mgNa/100g de producto. El segundo se redujo en un 25% de sodio, ya que está establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (2010) en el Reglamento de Etiquetado Nutricional que para declarar en la etiqueta de un embutido que el mismo es “Reducido en sodio”, este debe contener al menos un 25% menos que el original, además de que la diferencia con respecto al control es mayor al umbral para sabor salado determinado para salchichón en el trabajo final de graduación de Hernández-Campos (2017). Por lo tanto, se tendría que percibir una reducción significativa en el sabor salado y se justifica el uso de potenciadores.

Y por último, el tercer salchichón se redujo en un 45% de sodio, ya que entre 25% y 45% la reducción de sodio era muy significativa y se percibió sensorialmente, pero tampoco se reduce a niveles tan bajos que pudiesen comprometer en gran medida la textura y estabilidad microbiológica del producto.

Entre los valores de contenido de sodio encontrados por Hernández-Campos (2017) en varios salchichones del mercado costarricense, algunos son bajos, con niveles similares al salchichón reducido en 25% de sodio utilizado en la presente investigación. Estos productos tienen buenos rendimientos, vida útil y calidad para competir en el mercado, y esto es una buena referencia para decir que las reducciones aplicadas probablemente no serían un problema a nivel de calidad e inocuidad.

4.4. Elaboración de los productos que se utilizaron en el proyecto

4.4.1. Modelo cárnico

Para definir los porcentajes de los potenciadores de sabor se hizo un producto más sencillo que el salchichón común en términos de su procesamiento y formulación, pero que a la vez tuviese los principales ingredientes en sus proporciones respectivas y se asemejara lo más posible en sus características sensoriales, y así poder simplificar la elaboración del producto en términos de tiempo de proceso.

Como se observa en el cuadro III y en la figura 1, el modelo cárnico elaborado tiene menos ingredientes en su formulación y no pasa por la operación de picado durante el proceso, lo cual lo hace más sencillo de preparar que un salchichón común.

La formulación de dicho modelo se muestra en el siguiente cuadro

Cuadro III. Formulación base del modelo cárnico utilizado para la definición de las concentraciones de los potenciadores de sabor. Esta formulación tiene el contenido de NaCl reducido al 45% con respecto a un 2,05% NaCl (regular)

Materias Primas	Porcentaje
Carne de Res	20
Carne de Cerdo	35
Tocino	20
Almidón de papa	2
Concentrado de soya	6,7
Agua helada (%)	16,3
Sobre la base anterior	
Sal de cura (%)	0,3
Cloruro de Sodio (%)	0,84
Condimento (%)	0,8
*Potenciador (%)	*

*Las concentraciones de los potenciadores que se aplicaron a esta formulación para llevar a cabo la evaluación sensorial se encuentran en el cuadro VII.

En la figura 1 se presenta el diagrama de flujo del modelo cárnico utilizado para definir las concentraciones de los potenciadores en las formulaciones de salchichón reducido en sodio que se utilizarían en las siguientes etapas de la investigación.

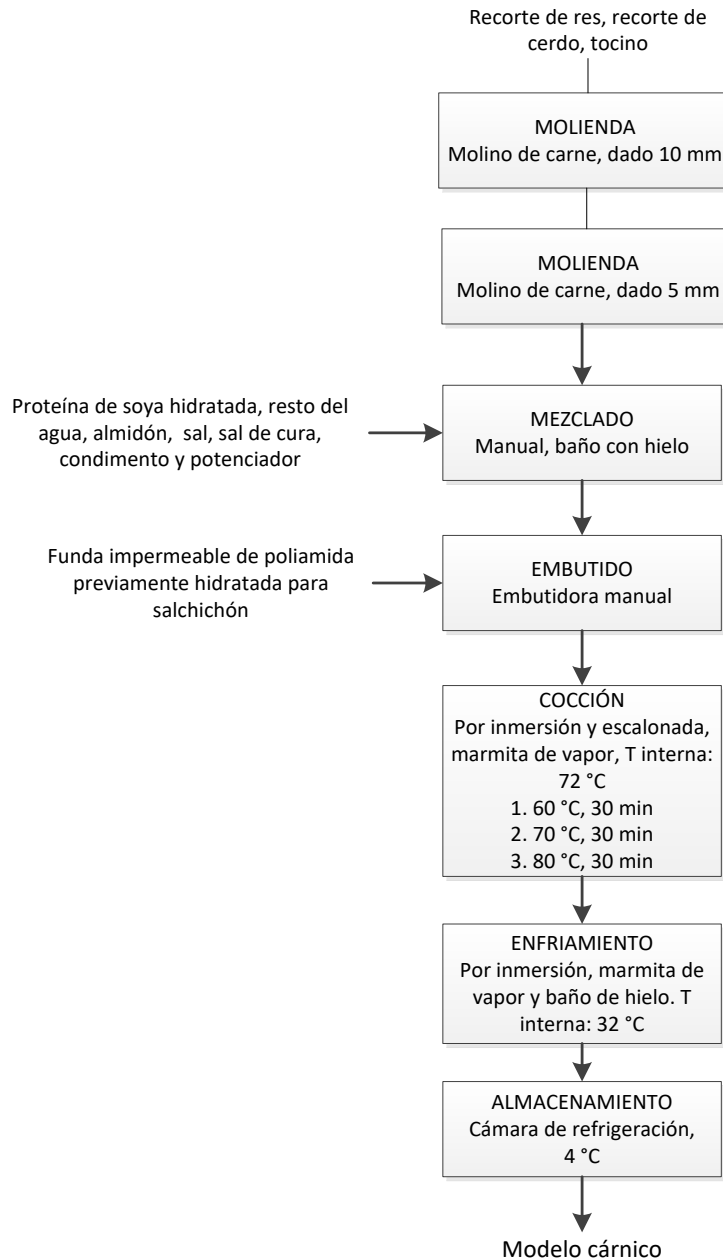


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración del modelo cárnico

4.4.2. Salchichón

Para la elaboración del salchichón control se utilizó una formulación adaptada de la formulación de Fernández-Sáenz (2012) y que es la misma usada por Hernández-Campos (2017). Para las formulaciones con reducciones de 25% y de 45% de sodio se debieron hacer los cálculos respectivos para establecer el contenido de sal.

En total se hicieron 9 formulaciones de salchichón, que son: el control (sin reducción de sodio), una con 25% reducción de sodio sin potenciador, tres con reducción de sodio del 25% y utilizando cada potenciador, una con 45% reducción de sodio sin potenciador y tres con reducción del 45% de sodio y utilizando cada potenciador.

En el cuadro IV se presentan las 3 formulaciones con los niveles de sodio diferentes.

Cuadro IV. Formulaciones de salchichón: control, reducida 25% en sodio y reducida 45% en sodio.

Ingrediente	Control (%)	Reducida 25% (%)	Reducida 45% (%)
Carne de res	23,68	23,68	23,68
Carne de cerdo	23,68	23,68	23,68
Tocino	14,74	14,74	14,74
Concentrado de soya	6,32	6,32	6,32
Almidón de papa	5,26	5,26	5,26
Agua helada	26,32	26,32	26,32
Sobre la base anterior			
¹ Condimento para salchichón	0,8	0,8	0,8
² Cloruro de sodio	2,05	1,38	0,84
Sal de cura (6,5% NaNO ₂)	0,3	0,3	0,3
Tripolifosfato de sodio	0,4	0,4	0,4
Eritorbato de sodio	0,08	0,08	0,08
Colorante rojo carmín	0,01	0,01	0,01
Potenciador	0,00	*	*

¹El condimento utilizado no aporta sodio (sin sal ni glutamato monosódico).

²En los cuadros V y VI y sus respectivas muestras de cálculo se muestra cómo se llegó a los valores de cloruro de sodio de las formulaciones del salchichón.

*El porcentaje de cada potenciador se definió cuando finalizó el primer objetivo específico de la investigación.

Como se observa en el cuadro anterior, el porcentaje de sal y demás ingredientes que se pesan sobre la base de 100%, se diluyen en el producto final, sin embargo esta dilución es muy pequeña y para efecto del cálculo de sodio que aporta cada ingrediente no se toma en cuenta. Lo más importante en este caso, es mantener la diferencia entre el control y las formulaciones reducidas.

A continuación se presenta un cuadro con el contenido de sodio aportado por los ingredientes no cárnicos del salchichón incluyendo al cloruro de sodio (sal de mesa), el cual fue el que aportó la mayor cantidad. Dicho contenido se determinó utilizando las masas molares de los compuestos de los ingredientes y haciendo los cálculos respectivos para determinar los miligramos de sodio aportados por cada uno de estos.

La forma de establecer el contenido de sodio a 1057 mg/100g de producto fue ajustando el contenido de cloruro de sodio, ya que los otros ingredientes se mantuvieron fijos en la formulación de los productos.

Cuadro V. Aporte de sodio de los ingredientes de la formulación, así como el contenido total de sodio del producto con contenido de sodio regular.

Ingrediente	% de ingrediente en formulación	¹ % Na en ingrediente	% de Na aportado por ingrediente al producto	mgNa/100g de producto
Cloruro de sodio	2,05	39,34	0,8065	806
² Cloruro de sodio (en sal de cura)	0,28	39,34	0,1102	110
² Nitrito de sodio (en sal de cura)	0,02	33,32	0,0065	6
Tripolifosfato de sodio	0,40	31,26	0,1250	125
Eritorbato de sodio	0,08	11,60	0,0093	9
TOTAL	-	-	1,0574	1057

¹Datos se obtienen a partir de cálculos con masas molares

²La suma de estos dos da 0,3%, el total de la concentración sal de cura en el producto

A continuación se presenta una muestra de cálculo para el contenido de sodio en uno de los ingredientes que lo contiene.

1. Cálculo del porcentaje de sodio en el ingrediente, en este ejemplo cloruro de sodio (primera fila cuadro V):

$$\%Na \text{ en ingrediente} = \frac{MM_{Na}}{MM_{NaCl}} \times 100 = \frac{22,99 \frac{g}{mol}}{58,44 \frac{g}{mol}} \times 100 = 39,34\%$$

2. Cálculo del porcentaje de sodio en el producto final aportado por cada ingrediente (ing):

$$\%Na_{Prod} = \frac{\%ing \text{ en formulación} \times \%Na_{ingrediente}}{100} = \frac{2,05 \times 39,34}{100} = 0,8065\%$$

3. Cálculo del contenido de sodio aportado por cada ingrediente en mg por 100g de producto final:

$$\frac{mg_{Na}}{100g \text{ Prod}} = \%Na_{Prod} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1g} =$$

$$0,8065 \times 1000 = 806 \frac{mgNa}{100g}$$

Además, en el cuadro siguiente se puede observar en resumen cómo se obtuvo el nivel de NaCl final para las formulaciones reducidas en sodio, de acuerdo con el nivel de reducción de sodio que se quería obtener. Se partió del porcentaje de reducción de sodio para determinar a cuánto equivalía en mg de sodio por 100 g de producto, y esto a cuánto equivalía en cloruro de sodio, por último se determinó cuánto representaba esta cantidad en porcentaje de NaCl, el cual debería ser restado al porcentaje establecido como control (2,05%).

Cuadro VI. Niveles de reducción de sodio y de NaCl en las formulaciones respectivas tomando como base 1057 mg Na/100g de producto.

Reducción de Na	mg Na/100g a eliminar del control	Equivalencia en mg/100g de NaCl	%NaCl a eliminar del % control	%NaCl final reducido
-25%	264	671	0,67	1,38
-45%	476	1210	1,21	0,84

La muestra de cálculo para obtener los valores del cuadro anterior, se muestra a continuación.

1. Cálculo de los miligramos de sodio a eliminar del salchichón control

$$mNa_{a\ eliminar} = mNa_{Total} \times \frac{25}{100} = 1057mg \times \frac{25}{100} = 264\ mg\ Na / 100g\ de\ producto$$

2. Cálculo de los miligramos de NaCl equivalentes al Na a eliminar en 100 g de producto

$$mNaCl_{a\ eliminar} = mNa_{eliminar} \times \frac{100g\ ingrediente}{mNa} = 264\ mg \times \frac{100}{39,34} = 671\ mgNaCl$$

3. Cálculo del porcentaje de NaCl a eliminar del salchichón control

$$\%NaCl_{a\ eliminar} = mNaCl \left(\frac{mg}{100g} \right) \times \frac{1g}{1000mg} = 671 \times \frac{1}{1000} = 0,67\%$$

4. Cálculo del porcentaje de NaCl en el salchichón reducido en sodio

$$\%NaCl_{red} = \%NaCl_{control} - \%NaCl_{a\ eliminar} = 2,05\% - 0,67\% = 1,38\%$$

En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración de salchichón.

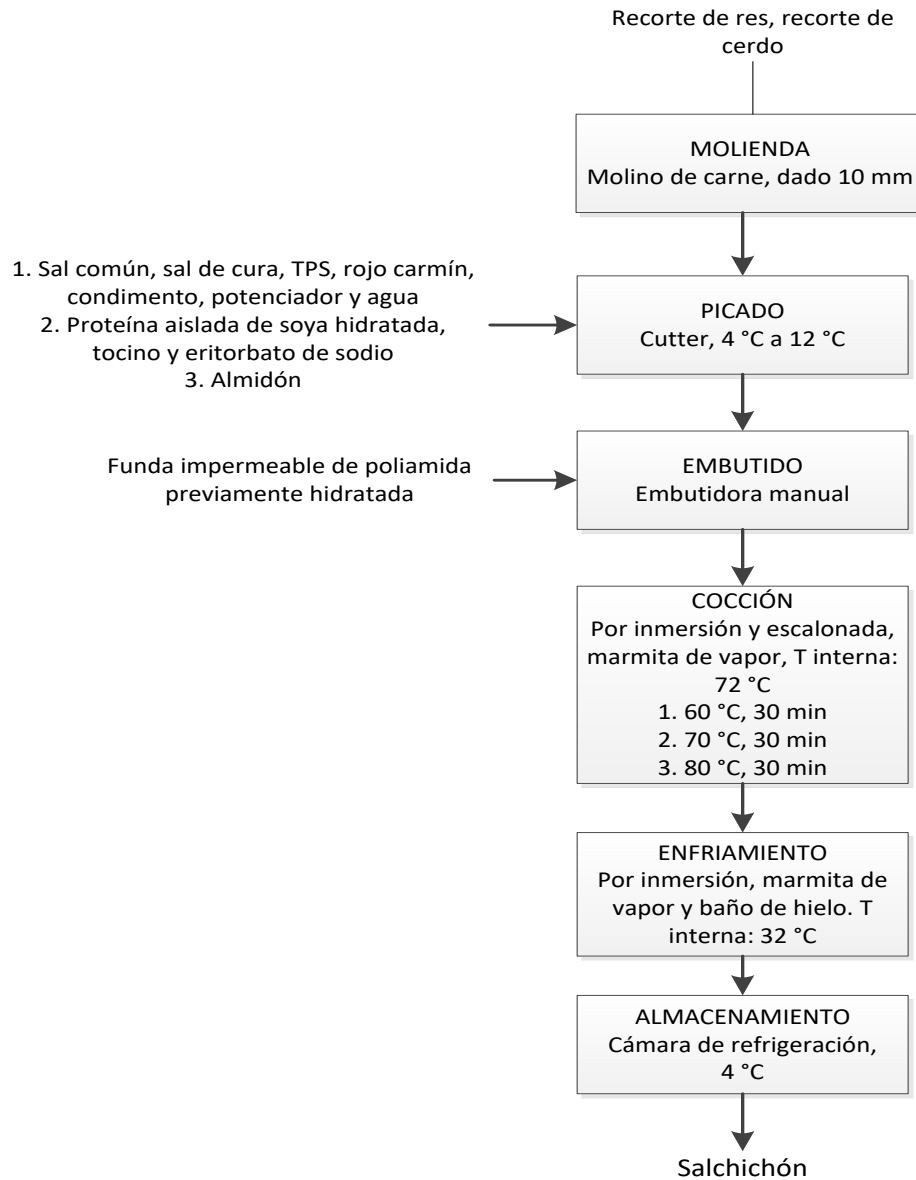


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de salchichón.

Descripción de etapas del proceso

Molienda: Se redujo el tamaño de las materias primas cárnicas para facilitar la operación de picado, además, esta operación busca una mejor distribución de la grasa. Esto se realizó en un molino de carne con un cedazo de 10mm.

Picado: Seguido de la molienda, se picaron los ingredientes cárnicos en una “cutter”. En el mismo equipo, se adicionó la sal común, el tripolifosfato, el condimento, el potenciador, el rojo carmín y la mitad del agua. Seguidamente, se adicionó el aislado de soya hidratado (relación 1:4), el tocino, el eritorbato de sodio y el resto del agua. Lo anterior busca formar la emulsión entre la grasa y el agua adicionada. Finalmente, se añadió el almidón, este se utiliza para aumentar la capacidad de retención de agua y brindar mayor estabilidad en la emulsión. El picado se finalizó cuando se alcanzaron 10-12 °C.

Embutido: Se embutió la emulsión utilizando una embutidora manual en fundas impermeables de poliamida que se remojaron con agua antes de ser utilizadas.

Cocción: El salchichón embutido se cocinó por inmersión en agua caliente en una marmita de vapor. Esta operación se realizó de forma escalonada y tiene el objetivo de eliminar microorganismos patógenos que pudieran proliferar en las condiciones de almacenamiento, y obtener la textura característica del producto cárnico elaborado. El tratamiento térmico se llevó a cabo en tres etapas: 60 °C por 30 min, 70 °C por 30 min y 80 °C por 30 min. Antes de finalizar la cocción se verificó que la temperatura interna del producto alcanzara los 72°C, lo que se realizó mediante el uso de un termómetro tipo espiga.

Enfriamiento: Una vez finalizada la cocción se enfrió el salchichón por inmersión con agua a temperatura ambiente y hielo (baño de hielo); así se generó un choque térmico y se evitó la sobrecocción del producto. La operación terminaba cuando la temperatura interna del producto fuese de 32 °C.

Almacenamiento: Luego del enfriamiento el producto se almacenó en una cámara de refrigeración a 4 °C.

4.4.3. Mezcla de especias

La mezcla de rábano, cebolla, ajo y champiñones se hizo con partes iguales de cada uno de los cuatro ingredientes. La cebolla y el ajo se compraron en polvo y se garantizó que no estuvieran mezclados con algún relleno. Por otro lado el rábano y los champiñones se compraron frescos y se procesaron para obtenerlos en polvo; para esto se lavaron (utilizando un cepillo en el caso de los rábanos) y desinfectaron (ácido peracético 80 ppm por 2 minutos), se hicieron rebanadas de 1,5 mm utilizando una rebanadora Hobart para posteriormente pasar por una etapa de secado con aire caliente (Secador de cabina National a 75°C), y por último se molieron en el molino de martillos Fitz Mill utilizando una malla de retención de 0,066 plg. Finalmente los 4 ingredientes en polvo se mezclaron manualmente dentro de una bolsa grande de polietileno de alta densidad para obtener el potenciador a utilizar en las formulaciones de salchichón reducido en sodio.

4.5. Preparación de las muestras para pruebas sensoriales

Para todas las pruebas sensoriales de la investigación se estandarizó la forma en la que se prepararon las muestras del modelo cárnico y el salchichón para su consumo. La manera en la que se prepararon dichas muestras fue rebanando los productos en rodajas de aproximadamente 1 cm de grosor, para posteriormente asarlas (sin utilizar ningún tipo de aceite) en un sartén de teflón. Se utilizó el mismo nivel de temperatura para los discos de la cocina y el mismo tiempo de espera hasta que se alcanzara una temperatura constante, además, siempre se utilizó un tiempo de asado de 2 minutos por cada cara de las muestras. En cada ocasión la preparación se realizó en la cocina del laboratorio de análisis sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos.

Cabe destacar que la forma en la que se preparó el producto para ser evaluado por los panelistas es una forma común de preparar el salchichón en Costa Rica.

4.6 . Definición de las concentraciones de los potenciadores de sabor en el salchichón

Para definir la concentración de cada uno de los potenciadores se utilizó como producto el modelo cárnico descrito en la sección 4.4.2. Se utilizó el nivel más bajo de sodio (reducción 45%).

En el cuadro VII se pueden observar las concentraciones de los potenciadores que fueron evaluadas. Para cada potenciador se evaluaron 3 concentraciones, las cuales fueron establecidas con base en las fuentes de literatura indicadas también en el cuadro.

Los tres potenciadores se evaluaron en la misma sesión y se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con 1 factor y 10 niveles, donde el factor era el potenciador a 9 niveles (ver cuadro VII), y se agregó una muestra control reducida en sodio sin potenciador de sabor para tener una referencia con la cual comparar las formulaciones con potenciadores.

Cuadro VII. Concentraciones de cada potenciador evaluadas en la prueba de agrado.

Potenciador	Concentración (%) (Niveles)		
Extracto de levadura ¹	0,75%	1,0%	1,25%
Suero lácteo seco ²	1,0%	1,35%	1,75%
Mezcla de especias ³	0,50%	0,75%	1,0%

NOTA: Los diferentes porcentajes de los potenciadores se establecieron utilizando como base las concentraciones utilizadas en siguientes investigaciones:

¹ Bastianello-Campagno *et al.*, 2011.

² Greiff *et al.*, 2015

³ Zapata Díaz, 2015.

El método utilizado para evaluar las diferentes concentraciones de potenciadores fue una prueba de agrado sensorial, la cual se describe en la sección 4.8.1.

Se analizaron los datos mediante un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) utilizando una probabilidad de cometer error tipo I de $\leq 0,05$. Al encontrarse diferencias significativas entre las 10 muestras se aplicó una prueba de comparación de medias Fisher LSD para determinar cuál o cuáles muestras fueron diferentes entre sí. Así fue posible conocer cuál fue la concentración más aceptada en cada caso para utilizarla en las pruebas siguientes. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa estadístico JMP 8® software.

4.7 . Evaluación de potenciadores de sabor en salchichón con reducción de sodio

4.7.1. Pruebas preliminares

- *Prueba sensorial informal de diferenciación*

Luego de establecer las concentraciones de los potenciadores a utilizar en las formulaciones definitivas, se realizó una prueba sensorial informal con 10 personas (incluido el comité asesor). Esto para evaluar si había una diferencia fácilmente perceptible entre las 9 formulaciones de salchichón, y a partir de esto decidir si se aplicarían pruebas de diferencia o un análisis descriptivo. Las personas no encontraron diferencias fácilmente perceptibles entre las muestras, lo cual ocasionó que se eligieran las pruebas de diferenciación, específicamente la prueba de diferenciación tétrada, la cual se describe en la sección correspondiente.

- *Prueba preliminar de textura*

Un grupo de 10 personas (incluido el comité asesor) probó y evaluó la textura del salchichón sin reducción de sodio, el reducido en 25% y el reducido en 45% con el fin de descartar posibles cambios de textura extremos que pudieran provocar que el producto no fuese típico de su categoría.

4.7.2. Pruebas definitivas

Se aplicó una prueba sensorial de diferenciación tétrada para determinar la diferencia o igualdad en el sabor salado entre las muestras de salchichón sin reducción de sodio y los reducidos sin potenciadores de sabor, respecto a las muestras reducidas en sodio con potenciadores.

Las pruebas tétradas se dividieron en dos bloques (sin y con reducción de sodio en el control) de dos grupos de pruebas cada una y, a su vez, cada uno de esos cuatro grupos (los cuales se llamarán grupos 1, 2, 3 y 4 como se observa en las figuras 3 y 4) se componía

de tres tétradas, para un total de doce tétradas. En el primer bloque (seis tétradas) se quería comparar los controles con reducción de sodio de 25% y 45% contra las formulaciones que tenían una misma reducción de sodio pero que contenían los potenciadores de sabor. Este conjunto de comparaciones se puede observar en la figura 3. Con estas comparaciones se deseaba saber si el consumidor era capaz de diferenciar cuando las muestras de salchichón contenían potenciadores de sabor manteniendo la reducción de sodio del control correspondiente.

En este primer bloque se utilizó un d' de 1,5, una potencia de 85% y un alfa de 0,01. De dichos valores se obtuvo un número de jueces de 32 (Ennis, 2013), y para que existiera significancia eran necesarios 18 aciertos. En este caso se quería que la diferencia fuese identificada fácilmente puesto que se estaba agregando potenciadores de sabor, y era deseable que se notara su presencia para verificar su capacidad de acentuar el sabor. A raíz de esto se eligió un d' relativamente alto para asegurar que la diferencia entre los promedios de las intensidades percibidas fuese amplia (Ennis *et al.*, 2014). Además se escogió un error tipo I bajo (0,01) para tener una mayor probabilidad de aceptar la hipótesis nula cuando esta es verdadera, es decir, se disminuye el error que se comete al afirmar que existe una diferencia entre los productos cuando en realidad no la hay.

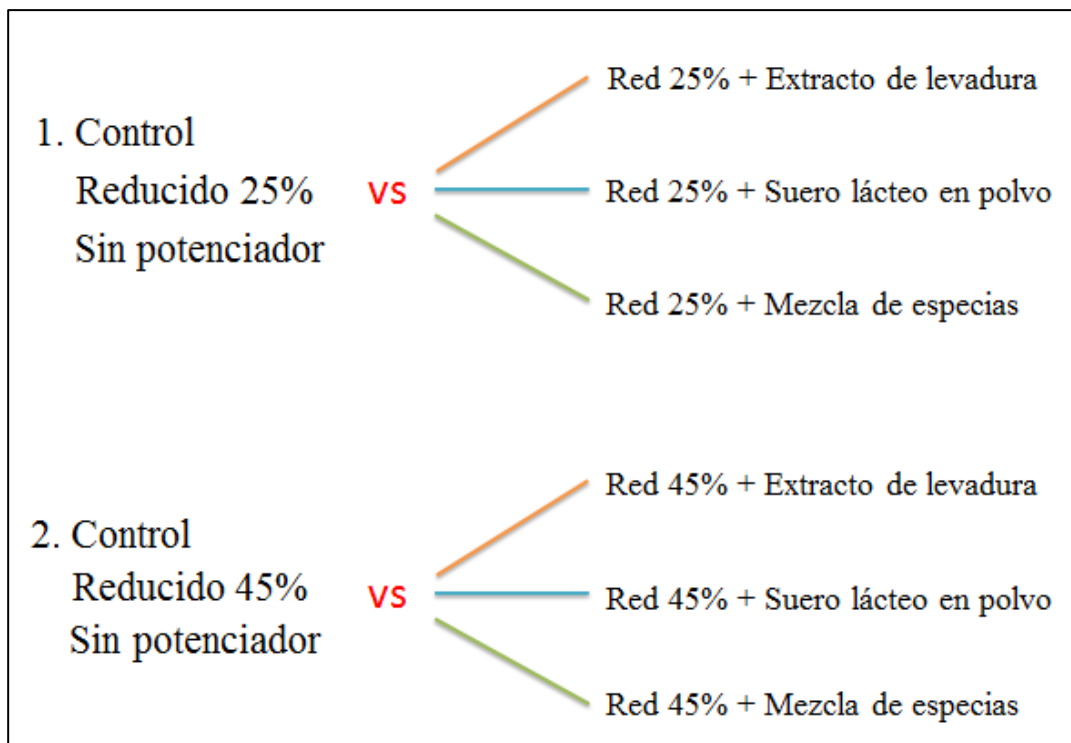


Figura 3. Esquema de las comparaciones entre las formulaciones control reducidas en sodio (25% y 45%) y las formulaciones reducidas en sodio con potenciadores de sabor.

El segundo grupo de pruebas consistía en comparar el control sin reducción de sodio contra todas las formulaciones reducidas en sodio con potenciadores de sabor, como se observa en la figura 4. Esto con el fin de saber si el consumidor percibía el sabor salado de una manera similar entre el control sin reducción y los salchichones reducidos en sodio con adición de potenciadores, y así medir de alguna forma la eficacia de estos, en cuanto a su capacidad de potenciar el sabor salado de las muestras.

En este segundo bloque se utilizó un d' de 1,0, una potencia de 85% y un alfa de 0,05. De dichos valores se obtuvo un número de jueces de 78, y para que existiera significancia eran necesarios 34 aciertos (Ennis, 2013). En este caso se quería que la diferencia fuese pequeña puesto que se estaba intentando igualar la intensidad del sabor salado usando potenciadores con respecto al control sin reducción. Por esta razón se escogió un d' más bajo para asegurar que la diferencia entre los promedios de las intensidades percibidas fuese pequeña (Ennis *et al.*, 2014). En este caso era más importante que la potencia de prueba fuese alta a que el error tipo I fuese bajo, ya que se desea tener una mayor probabilidad de encontrar una diferencia cuando esta existe en realidad, para no

caer falsamente en la afirmación de que no existe dicha diferencia cuando sí está presente (error tipo II).

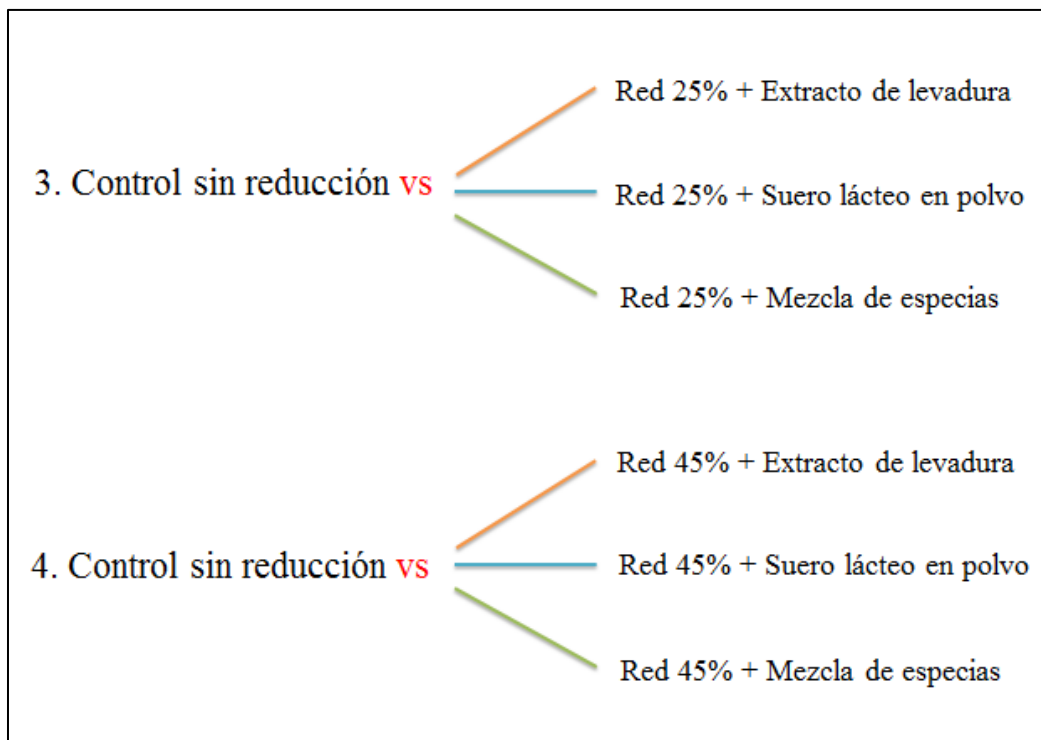


Figura 4. Esquema de las comparaciones entre la formulación control sin reducción de sodio y las formulaciones reducidas en sodio (25% y 45%) con potenciadores de sabor.

Como se mencionó anteriormente, en total era necesario realizar 12 tétradas para comparar todas las formulaciones reducidas en sodio con los tres potenciadores contra todos los controles respectivos. Esto implicaba que el panelista debía probar en total 48 muestras de salchichón (cada tétrada se compone de 4 muestras), lo que no era factible, ya que es una gran cantidad de muestras y el panelista tardaría mucho tiempo en realizar todas las pruebas, además de que se saturarían sus sentidos del gusto y el olfato haciendo imposible la conclusión de la prueba.

A raíz de lo mencionado anteriormente es que se tomó la decisión de dividir las pruebas en los cuatro grupos de tres tétradas que se muestran en las dos figuras anteriores. Por lo tanto en cada sesión cada panelista debía realizar 3 tétradas y así probar 12 muestras

de salchichón en total, lo cual seguía siendo una cantidad significativa pero menos fatigante.

Para el análisis de estos datos se utilizó una tabla de distribución binomial (Roessler *et al.*, 1978) con la finalidad de determinar el valor p mediante el número de jueces y el número de aciertos, y de esta manera encontrar si los panelistas identificaron la diferencia entre los grupos de muestras (el control comparado contra los productos reducidos con los 3 potenciadores).

También, se determinó el valor d' de Ennis mediante el cálculo de la proporción de aciertos y con ayuda de las tablas de Ennis (2013) para medir el tamaño de la diferencia y no solamente establecer si había o no significancia.

4.8 . Prueba de aceptación de las formulaciones de salchichón control y reducido en sodio con potenciadores de sabor

Si en las pruebas de discriminación se encontraban diferencias se evaluaba la aceptación del consumidor de los productos, para determinar si esa diferencia se reflejaba también en el agrado. Además se podía deducir si algún potenciador tenía un mayor agrado con respecto a los demás.

Para la prueba de aceptación de las distintas formulaciones de salchichón se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con 1 factor y 9 niveles que corresponden a las 9 formulaciones de salchichón, las cuales se muestran en resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro VIII. Formulaciones de salchichón evaluadas en la prueba de agrado.

# Tratamiento	Formulación
1	Control (sin reducción de Na ni potenciadores)
2	Control con reducción 25% Na sin potenciador
3	Control con reducción 45% Na sin potenciador
4	Reducción 25% Na + Extracto de levadura
5	Reducción 25% Na + Suero lácteo seco
6	Reducción 25% Na + Mezcla de especias
7	Reducción 45% Na + Extracto de levadura
8	Reducción 45% Na + Suero lácteo seco
9	Reducción 45% Na + Mezcla de especias

La variable respuesta de la prueba fue el agrado general de los consumidores.

Se realizó un análisis de conglomerados para determinar la forma en la cual se agruparon los consumidores por la similitud en sus gustos. Posteriormente a cada grupo de consumidores se le analizó los datos mediante un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) utilizando un $p \leq 0,05$, y se aplicó una prueba de comparación de medias LSD, para determinar cuál o cuáles muestras resultaron ser diferentes entre sí. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico JMP 8® software.

4.9 Métodos de Análisis

4.9.1. Prueba de aceptación con consumidores

Este método de análisis sensorial fue utilizado tanto para el primer objetivo como para el tercero. La metodología fue la misma en ambos casos en cuanto a preparación de la muestra (sección 4.4.4), cantidad de jueces, instrucción al panelista, enjuagues y obsequio. La diferencia entre los dos paneles fue que en el panel del primer objetivo se evaluaron 10 muestras y en el panel del tercer objetivo solo 9.

En cada una de las dos sesiones participaron 100 panelistas no entrenados, consumidores habituales de productos cárnicos, que no padecieran de alergias a la proteína láctea ni a la levadura, y tampoco fueran intolerantes a la lactosa (debido a las formulaciones con suero lácteo).

Cada prueba se realizó en una sesión de un día, en la cual se le entregó a cada panelista una bandeja con las muestras correspondientes. Cada muestra se codificó con un número de 3 dígitos de forma aleatoria. Para la evaluación de las muestras se utilizó una escala hedónica híbrida de 10 cm, en la cual los panelistas marcaron con una pequeña línea vertical según fuera el agrado de la muestra correspondiente. Cada 2 muestras probadas el panelista debía enjuagarse con agua y con una solución de etanol al 3% para limpiar la grasa del paladar, ya que este tipo de productos tienen un sabor fuerte y contienen mucha grasa.

A cada uno de los participantes del panel de consumidores se le dio un obsequio como agradecimiento por su colaboración en la prueba.

4.9.2. Prueba de diferenciación tétrada

Las muestras se prepararon como se indica en la sección 4.4.3 del documento. Se colocaban 3 tétradas en forma balanceada en cada bandeja, que posteriormente se iban a servir a cada panelista, estas se encontraban a temperatura ambiente. En la prueba se le pidió a cada consumidor que agrupara cada tétrada en 2 parejas las muestras según su similitud, y antes de probar dichas muestras se les pedía que probaran el “iniciador”. La muestra “iniciador” correspondió al producto evaluado con el estímulo diluido (en este caso con el menor contenido de sodio), ya que funciona para preparar la boca para el sabor de las muestras una vez que se lleva a cabo un enjuague con agua. Se indicó claramente al panelista, que esta muestra no debe ser evaluada para el objetivo de la prueba (Ishii *et al.*, 2014).

Entre cada tétrada se indicó a los panelistas que debían realizar un enjuague con una solución de etanol al 3% y luego con agua para eliminar en la medida de lo posible el sabor de las muestras anteriores. En el anexo 9.1 se muestra la hoja de respuesta dada a cada panelista y a continuación un esquema de la presentación de las muestras de salchichón. A cada uno de los participantes del panel de consumidores se le dio un obsequio como agradecimiento por su colaboración en la prueba.

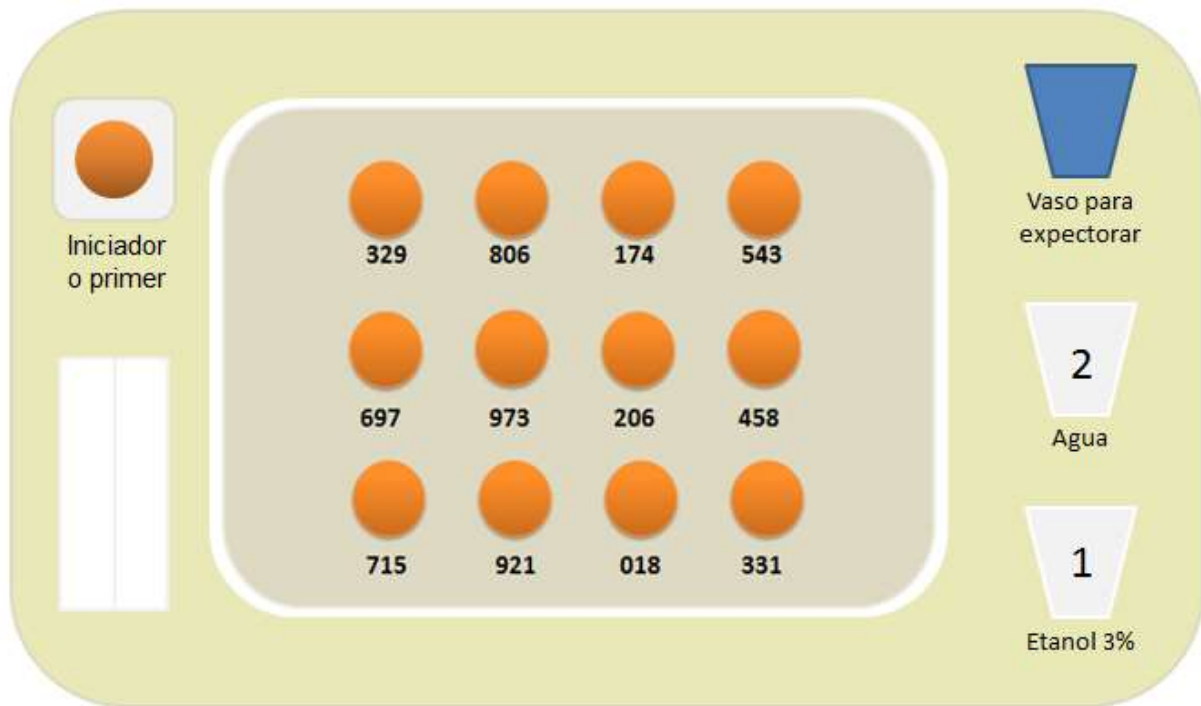


Figura 5. Esquema de la presentación de las muestras de salchichón utilizado en los paneles de discriminación tétrada (3 pruebas tétradas por panelista).

V. Resultados y Discusión

5.1. Definición de las concentraciones de los potenciadores en el salchichón mediante un panel de consumidores

Se encontró que había diferencias significativas entre las muestras del modelo cárnico con diferentes potenciadores a distintas concentraciones. A continuación se presenta gráficamente el resultado de la comparación de medias de Fischer LSD ($\alpha=0,05$) de los datos de la prueba de agrado realizado para la selección de las concentraciones de los potenciadores a utilizar en las formulaciones de salchichón que se utilizaron en las pruebas siguientes. Es importante mencionar que en todas las formulaciones evaluadas se utilizó una reducción de sodio de 45%, esto para que el consumidor notara más fácilmente la presencia de los potenciadores en el producto.

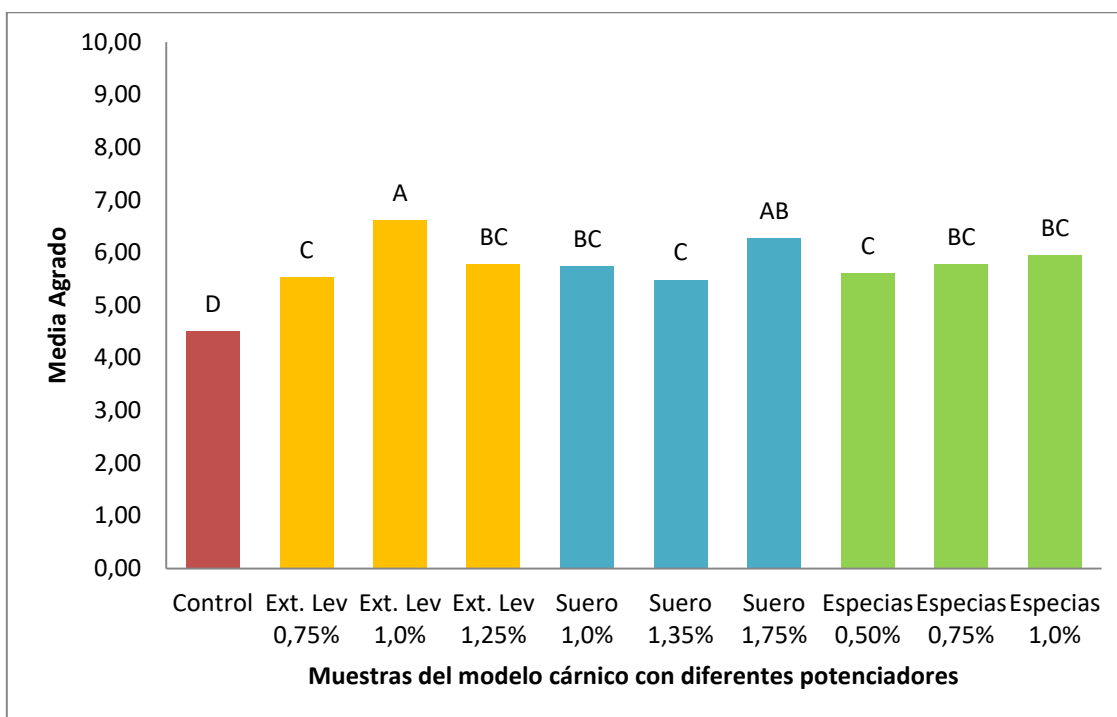


Figura 6. Comparación de medias de los valores de agrado otorgados por los jueces a las muestras del modelo cárnico control y con potenciadores, en el panel de consumidores para la determinación de la concentración de cada potenciador a utilizar en las formulaciones de salchichón.

Se puede observar en la figura anterior que la muestra control (reducida en sodio sin potenciadores), presentó el menor valor de agrado, siendo significativamente diferente a las demás muestras. Esto demuestra que los potenciadores de sabor tuvieron la capacidad de aumentar el agrado del tipo de producto evaluado, lo cual es de esperar pues el objetivo de estos es aumentar el sabor global del producto. Ahora bien, el objetivo de la prueba era definir la concentración de cada potenciador a utilizar en las formulaciones definitivas de salchichón; por lo tanto, se deben comparar las tres concentraciones evaluadas para cada potenciador.

En el caso del extracto de levadura la concentración más gustada fue la de 1,0%, que fue la concentración media utilizada, presentando diferencia significativa con respecto a las otras dos. En el caso de la concentración de 0,75%, que fue la más baja, era posible que no tuviese la potencia necesaria para aumentar el agrado del producto, y más bien se asemejara más a la formulación control. Por otro lado, al aumentar la concentración hasta un 1,25% se vio disminuido el agrado del salchichón, posiblemente porque, como lo mencionan Bastianello-Campagnol *et al.*, (2011), el extracto de levadura puede generar un aroma y sabor intensos en el producto, y en este caso no le agradó al consumidor.

Se destaca que las formulaciones con 1,0% de extracto de levadura y 1,75% de suero presentaron el mayor promedio de agrado, no siendo estadísticamente diferentes entre ellas. Esto se puede deber a que los extractos de levadura tienen una alta capacidad para potenciar el sabor de productos cárnicos ya que poseen un alto contenido de ARN (ácido ribonucleico), precursor de 5'-nucleótidos, compuestos responsables de potenciar el sabor, además de que el sabor propio característico de los extractos de levadura contribuye a aumentar el sabor cárnico (sabor a carne) del producto. El extracto de levadura utilizado (LBI TORA 41) se comercializa como potenciador de sabor, y posee más de un 40% de proteína (medido como N libre) según su ficha técnica (ver datos en anexo 9.3), lo cual también contribuye a su capacidad para potenciar sabor, ya que algunos aminoácidos se caracterizan por funcionar de esa manera (Reineccius, 2006; Sugita, 2001).

Los resultados de agrado para los productos con suero lácteo en polvo tuvieron un comportamiento distinto. En este caso, la mayor concentración (1,75%) presentó el mayor promedio de agrado siendo distinta significativamente a la concentración media (1,35%); sin embargo, entre la menor concentración (1%) y la mayor no hubo diferencia significativa en el agrado, y entre la menor y la media tampoco se presentó; por lo tanto, no existía un

criterio de escogencia sencillo. Finalmente se eligió la formulación de mayor concentración ya que fue la que presentó el mayor promedio de agrado y como se observa en la figura 3 los promedios de las dos concentraciones menores se asemejan más entre sí tendiendo a tener un agrado menor que cuando se utilizó 1,75% de suero. El agrado de esta formulación con suero se puede deber a que este ingrediente aporta sales minerales y otros compuestos nitrogenados no proteicos que son capaces de aumentar el sabor del producto, además su contenido de lactosa ronda el 80% (ver datos de ficha técnica en anexo 9.3), lo cual agrega un ligero dulzor al producto que pudo ser de agrado para el consumidor (Pszczola, 2007; Minasian, 2011).

Para elegir la concentración de la mezcla de especias se utilizó el criterio del costo económico, ya que como se puede observar en la figura 6 no se presentó significancia entre los tres valores de agrado; por lo tanto, se eligió la menor concentración de potenciador y así disminuir eventualmente el costo de la formulación. Cabe destacar que estas tres formulaciones con adición de la mezcla de especias presentaron un agrado mayor significativamente que el control que no contenía ningún potenciador. Este mayor agrado se puede explicar porque las especias que componen la mezcla poseen algunos compuestos que aportan aromas y sabores adicionales al producto, y algunos de esos compuestos son los que por definición aumentan el sabor umami de los alimentos como el glutamato que es la sal del aminoácido ácido glutámico, y los nucleótidos inosinato y guanilato. Estos tres compuestos son los que se encuentran en mayor abundancia en la naturaleza entre los que tienen la capacidad de potenciar sabor (Sugita, 2001; Lee, 2011, Lorjaroenphon *et al.*, 2015).

5.2. Evaluación de los tres potenciadores de sabor mediante pruebas de diferenciación tétrada

En el cuadro IX se presentan los resultados de las pruebas de discriminación tétrada que se utilizaron para comparar los controles de salchichón reducidos en sodio sin potenciadores contra las formulaciones reducidas con adición de potenciadores, con el fin de determinar si los jueces eran capaces de detectar cuando el producto contenía los potenciadores utilizados; es decir, mayor intensidad del sabor salado.

Cuadro IX. Resultados de la prueba tétrada de salchichón (n=32) con 45% y 25% de reducción de sodio sin adición de potenciadores respecto al producto con igual reducción de sodio adicionando potenciadores de sabor.

Prueba	Potenciador	Cantidad de aciertos	Proporción de aciertos ¹	d` Ennis ²	Probabilidad ³
Reducción 45% sin potenciadores Vs Reducción 45% con Potenciadores	Extracto de levadura	15	0,4688	0,91	0,078
	Suero lácteo	16	0,5000	1,02	0,038
	Mezcla de especias	19*	0,5938	1,34	0,002*
Reducción 25% sin potenciadores Vs Reducción 25% con potenciadores	Extracto de levadura	14	0,4375	0,79	0,144
	Suero lácteo	14	0,4375	0,79	0,144
	Mezcla de especias	16	0,5000	1,02	0,038

*Diferencia significativa entre el control y la formulación con potenciador adicionado, utilizando un alfa de 0,01, una potencia de prueba de 0,85 y un delta de 1,5.

¹Cociente de la cantidad de aciertos entre la cantidad de jueces

²Calculado con las tablas Ennis (2013)

³Calculado con las tablas de Roessler et al. (1978)

En los resultados mostrados en el cuadro anterior se evidencia que los panelistas no pudieron encontrar la diferencia entre el salchichón control reducido en sodio en un 25% y los mismos con adición de potenciadores, mientras que con una reducción del 45% se encontró diferencia únicamente cuando se utilizó la mezcla de especias como potenciador. Era deseable encontrar la diferencia en esta prueba y que la misma fuese grande, lo cual era

posible de medir con el valor del d' calculado. Se observa que el d' para las muestras con una reducción de sodio de 45% fue mayor que para las muestras con una reducción del 25%. Esto podría indicar que hubo mayores diferencias (d') al haber una reducción mayor de sal, y aunque los panelistas no fueron capaces de encontrar la diferencia (prueba binomial) en la mayoría de los casos, parecía que los potenciadores tuvieron un efecto. Por otro lado, la diferencia más pequeña entre los productos (d') cuando la reducción de sodio fue del 25% podría deberse a que no se generó una reducción importante en la sensación de sabor salado y al agregarse potenciadores aún la diferencia en esta sensación no incrementó.

El salchichón es un producto con un sabor y aroma muy complejos, y en este caso al agregar ingredientes como los potenciadores de sabor en las cantidades utilizadas no causó un impacto en el sabor y aroma del producto que fuese perceptible fácilmente por los consumidores. Es importante tomar en cuenta que la significancia era difícil de lograr al utilizar un alfa de 0,01 siendo la diferencia tan pequeña entre los productos, aunque el d' generó información mucho más reveladora que simplemente buscar si los consumidores eran capaces de encontrar la diferencia (prueba binomial) con esa potencia establecida. Con la siguiente información se verificarán los supuestos elaborados anteriormente.

En el cuadro X se muestran los resultados de los paneles de discriminación tétrada en los que se comparó el salchichón control sin reducción de sodio, contra las formulaciones reducidas tanto 45% como 25% y con adición de potenciadores de sabor.

Cuadro X. Prueba de discriminación (n=78) del salchichón control sin reducción de sodio respecto a los productos reducidos en sodio 45% y 25% con potenciadores de sabor.

Prueba	Potenciador	Cantidad de aciertos	Proporción de aciertos ¹	d' Ennis ²	Probabilidad
Control sin reducción vs Red 45% con Potenciadores	Extracto de levadura	48*	0,6154	1,41	<0,05
	Suero lácteo	61*	0,7821	2,02	<0,05
	Mezcla de especias	64*	0,8205	2,19	<0,05
Control sin reducción vs Red 25% con potenciadores	Extracto de levadura	45*	0,5769	1,29	<0,05
	Suero lácteo	38*	0,4872	0,98	<0,05
	Mezcla de especias	44*	0,5641	1,24	<0,05

*Diferencia significativa entre el control y la formulación con potenciador adicionado, utilizando un alfa de 0,05, una potencia de prueba de 0,85 y un delta de 1,0.

¹Cociente de la cantidad de aciertos entre la cantidad de jueces

²Calculado con las tablas Ennis (2013)

Como se puede observar en todos los casos se presentó diferencia significativa entre el control sin reducción de sodio y las formulaciones reducidas con adición de potenciadores ($p \leq 0,05$), siendo en algunos casos más difícil de encontrar dicha diferencia o bien, la diferencia era menor entre las muestras, reflejado así en los valores de d' calculados, siendo estos más bajos cuando la reducción de sodio fue más pequeña (Ennis *et al.*, 2014). Según Hernández-Campos (2017) el umbral de reducción de sodio es menos de un 20% cuando se reduce la sal en el control utilizado; por lo tanto, al disminuir el sodio en un 25% el consumidor nota una diferencia por esta misma reducción, pero muy cercana al umbral.

Existe obviamente una diferencia mayor entre los productos cuando se compara el control sin reducción de sodio contra las formulaciones reducidas 45%, que cuando se compara contra las formulaciones reducidas en solo un 25%; esto se ve reflejado en una d' notablemente mayor cuando se compararon las formulaciones reducidas 45% contra el

control que no tenía ninguna reducción. Al encontrarse d' más pequeños con una reducción de sodio del 25% que con un 45%, y cercanos a 1, que se considera como cercanos al umbral (O'Mahony & Rousseau, 2002), se pudo conjeturar que los potenciadores acercaron la intensidad del sabor de los salchichones reducidos en un 25% de sal a la muestra sin reducción, mientras que los d' cercanos a 2 cuando la reducción fue de 45% indicaron que fueron notablemente diferentes al control.

Es importante destacar, que a pesar de lo anterior, en el caso del salchichón reducido 45%, cuando se utilizó extracto de levadura como potenciador hubo una mayor dificultad para encontrar la diferencia con respecto a los otros productos. Por otro lado, cuando se redujo 25%, a los jueces se les presentó una mayor dificultad para notar la diferencia cuando se usó suero en polvo con respecto a los otros dos, lo que se puede deber a los atributos de estos dos potenciadores ya mencionados anteriormente.

Hay que tomar en cuenta que al añadir cualquiera de los potenciadores utilizados, también se están adicionando aromas y sabores característicos de estos ingredientes que pueden generar una diferencia entre los productos, además de la diferencia obvia por el contenido de sal. Sin embargo, tomando en cuenta los resultados mencionados se puede deducir que los aromas y sabores aportados por los potenciadores de sabor no fueron los responsables de generar las diferencias encontradas, sino más bien se generaron por las propias diferencias en el contenido de sal.

A pesar de que el consumidor detectó la diferencia entre el control sin reducción y las formulaciones reducidas con potenciadores de sabor, no necesariamente significaba que el consumidor prefería el control. De acuerdo a Ennis *et al.* (2014) encontrar una diferencia significativa entre las muestras no es donde radica la importancia de la prueba de discriminación, sino más bien en si la diferencia encontrada es verdaderamente relevante para el consumidor. Debido a esto se realizó un panel de consumidores con 100 panelistas para determinar el agrado general de las muestras y saber si existía una diferencia entre ellas. Los resultados de dicha prueba se encuentran en la siguiente sección.

5.3. Prueba de aceptación de las formulaciones de salchichón control y reducido en sodio con potenciadores de sabor

En la figura 7 se pueden observar los resultados de la evaluación del agrado de las formulaciones de salchichón control, tanto la que no presenta reducción de sodio como las otras dos reducidas 25% y 45%, y las formulaciones reducidas con adición de los tres potenciadores de sabor. El análisis de conglomerados generó tres segmentos de consumidores, con 47, 39 y 14 personas cada uno. El ANDEVA mostró diferencias significativas en el agrado por las diferentes formulaciones en cada uno de los 3 grupos, y se presenta la comparación de medias en la siguiente figura.

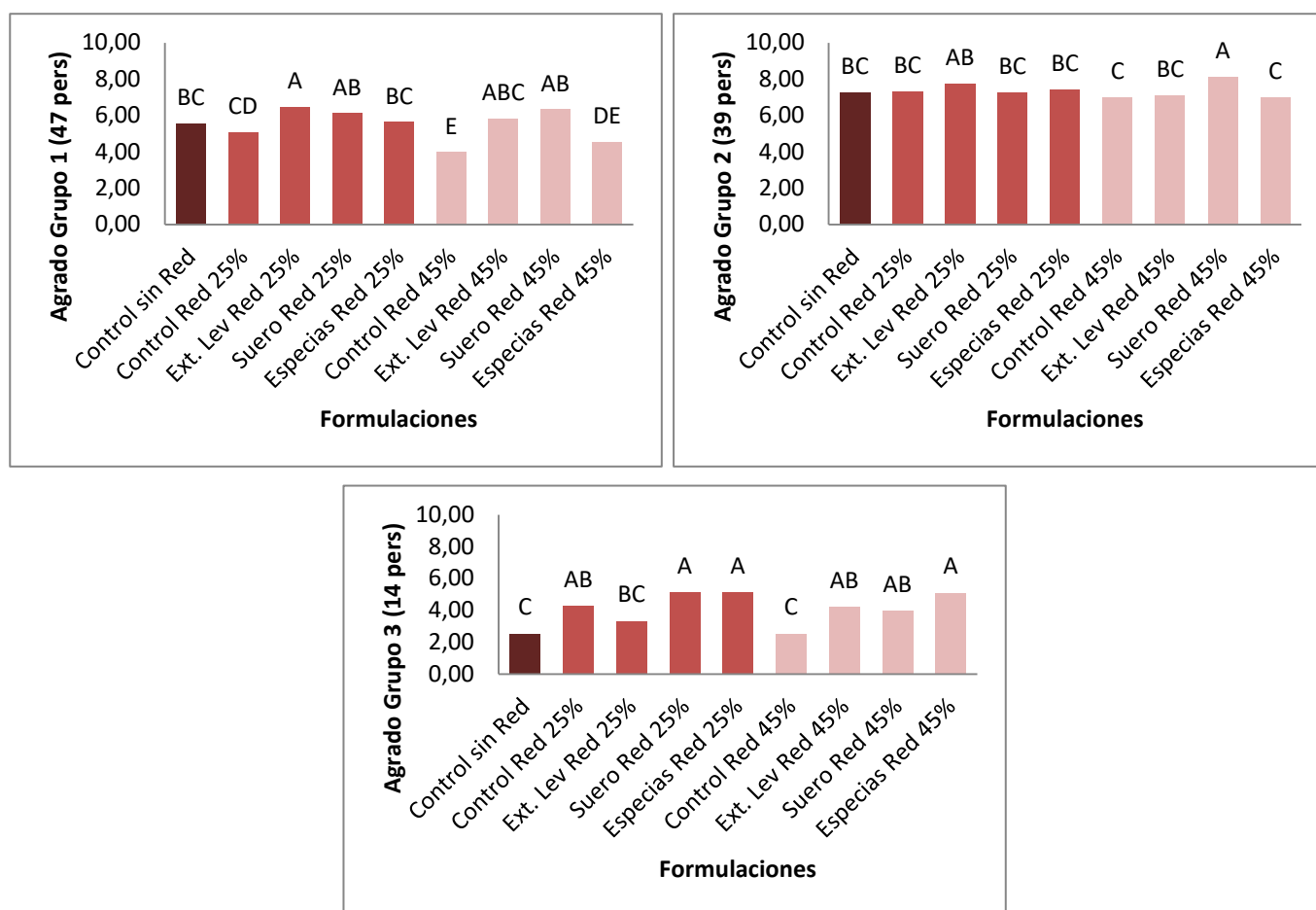


Figura 7. Comparación de medias de los valores de agrado otorgados por los tres grupos de consumidores (análisis de conglomerados) del panel de aceptación para la evaluación de las formulaciones de salchichón control y salchichón reducido en sodio con adición de potenciadores de sabor.

La diferencia de color entre las barras se debe a la diferencia en el nivel de sodio, siendo la barra más oscura el control sin reducción de sodio, y las barras más claras las formulaciones que poseen una mayor reducción (45% reducidas), esto para facilitar el análisis a nivel visual. En la parte superior izquierda se encuentra el gráfico para el grupo más abundante de jueces (47), en el cual se encontraron diferencias significativas entre varias formulaciones. Es importante tomar en cuenta que la escala de evaluación es relativa, es decir, para analizar el agrado de las muestras se debe comparar contra el control sin reducción (barra oscura), el cuál es la referencia que representa los productos del mercado.

En este primer y más abundante grupo, como era de esperar, el promedio de agrado más bajo lo presentó la formulación control reducida 45% en sodio, sin presentar diferencia estadística con respecto a la formulación reducida 45% con adición de la mezcla de especias como potenciador. En el gráfico se puede ver como las otras dos formulaciones reducidas un 45% que eran las que contenían extracto de levadura y suero en polvo como potenciadores, presentaron promedios relativamente altos, siendo parte de las 4 formulaciones con mayor agrado de las evaluadas. Las otras dos formulaciones con mayor promedio fueron las que contienen también extracto de levadura y suero en polvo con reducción de 25%, y aunque no todas las cuatro formulaciones sean mayores significativamente que las demás, se puede deducir que a este grupo mayoritario de jueces les agrada más el salchichón cuando contiene extracto de levadura o suero lácteo en polvo, independientemente de la reducción de sodio aplicada. Es interesante hacer notar que la formulación sin reducción de sodio no fue la que obtuvo la mayor valoración en agrado, si no que fue la formulación con una reducción del 25% y con extracto de levadura.

El resultado del segundo grupo de consumidores (39) que se encuentra en la parte superior derecha, muestra que estos se comportan de manera tímida en términos de evaluaciones sensoriales; es decir, los jueces utilizaron una pequeña porción de la escala hedónica para calificar a todos los productos (Hough, 2010). Esto se puede deber en este caso a que las formulaciones eran relativamente similares entre sí, y que a los jueces les agradó en general el tipo de producto que estaban evaluando independientemente de las variaciones en el contenido de sal y las adiciones de potenciadores que se aplicaran. Como consecuencia se puede observar en el gráfico correspondiente que muy pocos productos presentaron diferencias significativas, siendo el salchichón reducido en sodio 45% con suero en polvo el que agradó más a los consumidores sin presentar diferencia con el

salchichón reducido 25% con extracto de levadura, lo cual presenta la tendencia del primer grupo antes analizado, y muy importante, tuvieron valoraciones mayores que la muestra sin reducción de sodio.

Por último, el tercer grupo que se encuentra en la parte inferior de la figura, es el que posee el menor número de consumidores, siendo apenas 14. Este grupo se puede considerar como el que tendía a dar calificaciones bajas de agrado a los productos, castigando principalmente al control sin reducción de sodio y al reducido un 45%. Se puede ver nuevamente como al adicionar potenciadores el agrado tendió a aumentar sin que influyera el nivel de reducción de sodio aplicada. En un panel de agrado es necesario que los panelistas que asistan sean consumidores regulares del producto que se va a evaluar, y en último grupo se evidencia que es posible que no fueran consumidores regulares de salchichón.

La tendencia que se presentó en general, fue que al consumidor le agradó más el salchichón cuando este contenía extracto de levadura y suero en polvo independientemente de su reducción de sodio, e incluso algunas formulaciones reducidas 45% presentaron un mayor agrado que el control sin reducción. La mezcla de especias no pareció aumentar el agrado del salchichón tanto como los otros dos potenciadores, lo cual puede deberse a que sus ingredientes son de origen vegetal, los cuales poseen menores contenidos de proteína y sales que el extracto de levadura y el suero en polvo que sí se caracterizan por tener valores significativos de dicho componente, principalmente el primero (ver cuadros XIII y XIV en anexo 9.3). Como se menciona anteriormente, algunos aminoácidos, y principalmente el ácido glutámico y sus respectivas sales son los compuestos responsables de potenciar el sabor (Kirk *et al.*, 2009; Sugita, 2001).

Utilizando los datos de los Cuadros IX y X se encontró que los d' de las muestras con especias fueron los mayores, indicando que ellas eran las más diferentes con respecto a las formulaciones reducidas sin potenciadores y con respecto a la formulación control sin reducción. A pesar de que había diferencias (d' mayor a 1,24) los controles se valoraron cercanos a las muestras con mezcla de especias; es decir, que se diferencian en algo más que en el sabor salado, ya que los salchichones reducidos no les agradó pero los reducidos con especias tampoco, a pesar de ser diferentes (prueba binomial) entre ellos. Igualmente, los potenciadores extracto de levadura y suero en polvo no fueron diferentes a los controles reducidos (prueba binomial) y tenían un d' menor a 1 con respecto a estos, y aun así fueron

valorados con mayor agrado que estos controles, lo cual indica que hubo un efecto del potenciador que tuvo que ver con algo más que el sabor salado.

Inicialmente, cuando se elaboraron las diferentes formulaciones de salchichón se realizaron pruebas preliminares en las que 10 personas compararon las muestras para determinar si debido a las reducciones de sal se generaban problemas notables en la textura del salchichón, ya que, según Ugalde-Benítez (2012) y Xiong (2012), la sal tiene funciones importantes en este aspecto; sin embargo, no se encontraron diferencias apreciables visualmente y/o al tacto. Además cuando el producto se preparaba para las pruebas sensoriales posteriores nunca mostró problemas de corte. Esto fue un hallazgo positivo pues indica que no se produjeron mayores cambios en la textura con las reducciones de sodio utilizadas en la investigación.

Por razones de salud pública es de suma importancia poder realizar cambios a nivel industrial que ocasionen mejoras en la alimentación del consumidor y, por consiguiente, en su nutrición y salud. Asimismo, estos cambios no deben provocar una disminución de la calidad de los productos ni generar pérdidas económicas para las empresas que los realicen. Es importante destacar que entre los datos de contenido de sodio medidos por Hernández-Campos (2017) se encontraron muestras de salchichón en el comercio costarricense que presentaban valores cercanos al correspondiente a la formulación reducida un 25% en sodio, los cuales conservan su rendimiento, vida útil y calidad para competir en el mercado.

La reducción de sodio en embutidos es un cambio posible de realizar sin que implique consecuencias negativas a nivel sensorial. Esto es, un aspecto clave para poder comercializar un producto, lo cual se demostró por los resultados obtenidos en los paneles realizados en esta investigación. Por lo tanto, se recomienda a las empresas productoras de embutidos evaluar una posible reducción de sodio con el fin de ayudar a generar cambios positivos en la salud de los consumidores costarricenses.

Es importante estudiar la vida útil de los productos al reducir su contenido de sal, pues esta podría variar por el aumento del a_w (agua disponible) que implica dicha reducción. Además la textura del producto también podría ser afectada, por lo que este aspecto también debe ser evaluado al realizarse una reducción de sal. Se han realizado estudios donde no se ha encontrado diferencia significativa entre el deterioro microbiológico de embutidos control y embutidos reducidos en sodio; sin embargo, en la gran mayoría de casos lo que se realiza es una sustitución parcial del cloruro de sodio por

otras sales como cloruro de potasio, calcio o magnesio, las cuales cumplen muy bien con las funciones técnicas de la sal común, exceptuando el aspecto sensorial (Barat & Toldrá, 2011). Dicha sustitución no se hizo en el presente estudio, por lo que no se pueden asumir las mismas conclusiones.

VI. Conclusiones

- De acuerdo al agrado de los consumidores, las concentraciones adecuadas de los potenciadores a utilizar en las formulaciones de salchichón son: 1,0% para el extracto de levadura, 1,75% para el suero lácteo en polvo y 0,50% para la mezcla de especias.
- Los valores de d' fueron más útiles que las pruebas binomiales para determinar el grado de diferencia entre las formulaciones.
- El consumidor no es capaz de encontrar diferencia mediante una prueba tétrada entre el salchichón sin potenciadores de sabor y el que sí los contiene cuando se utilizan reducciones de sodio de 45% y 25%, pero le agradaron en forma diferente.
- Los valores de d' mostraron diferencias a nivel de umbral entre el salchichón reducido 45% en sodio sin potenciador y los mismos con adición de cualquiera de los tres potenciadores.
- El consumidor percibe diferencia cuando se compara un salchichón reducido en sodio 45% y 25% con adición de potenciadores de sabor contra un control sin reducción de sodio, y esa diferencia fue pequeña para el reducido 25% en sodio, considerando los valores de d' cercanos a 1.
- Es posible realizar reducciones de sodio en salchichón sin provocar cambios negativos sensorialmente, aumentando incluso el agrado del producto cuando se adicionan potenciadores de sabor, independientemente del nivel de reducción de sodio.
- El extracto de levadura y el suero lácteo en polvo resultaron ser los potenciadores de sabor más eficaces de acuerdo al agrado otorgado por los consumidores.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios de vida útil para valorar si es factible realizar las reducciones de sodio en embutidos, sin que esto implique una disminución más acelerada en la calidad del producto.
- Utilizar potenciadores de sabor en embutidos con menor contenido cárnico y más extensores, para poder recomendar su uso en formulaciones comerciales.
- Medir los cambios sensoriales producidos por los potenciadores, para definir si realmente resaltan el sabor salado o solamente generan otros aromas y sabores.

VIII. Bibliografía

- ACADEMIA DEL ÁREA DE PLANTAS PILOTO DE ALIMENTOS (AAPP). 2004. Introducción a la Tecnología de Alimentos. 2da ed. Editorial Limusa S.A. México.
- ALBARRACÍN, W., SÁNCHEZ, I.C., GRAU, R., & BARAT, J.M. 2011. Salt in food processing; usage and reduction: a review. *Journal of Food Science & Technology* 46: 1329-1336.
- ALMADA, C., FARÍAS, M., HERNÁNDEZ, C., RÍOS, S., & HORVAT, M. 2009. Propiedades fisicoquímicas de salchichas con bajo contenido de sodio. Universidad Nacional de Luján. II Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Argentina.
- AMERLING, C. 2001. Tecnología de la Carne: Antología. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- ANGULO, O., & O'MAHONY, M. 2009. Aplicación del modelo Thrustone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 59 (4): 349-357.
- BARAT, J. M. & TOLDRÁ, F. 2011. Reducing salt in processed meat products. *Processed Meats*. p: 331-345.
- BARBUT, S. 2001. Poultry Products: Formulations and Gelation. *Poultry Products Processing: An Industry Guide*. CRC Press.
- BASTIANELLO-CAMPAGNOL, P.C., ALVES-DOS SANTOS, B., WAGNER, R., NASCIMENTO-TERRA, N., & RODRIGUES-POLLONIO, M.A. 2011. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat Science* 87: 290-298.
- BERGARA-ALMEIDA, S., DA SILVA, M.A. 2002. Hedonic scale with reference: performance in obtaining predictive models. *Food Quality and Preference* 13: 57-64
- BIBBINS-DOMINGO, K., CHERTOW, G. M., COXSON, P. G., MORAN, A., LIGHTWOOD, J. M., PLETCHER, M. J., & GOLDMAN, L. 2010. Projected effect of dietary salt reductions on future cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine* 362: 590-599.
- 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.
- BOBOWSKI, N., & VICKERS, Z. 2012. Determining sequential difference thresholds for sodium chloride reduction. *Journal of Sensory Studies* 27: 168-175.
- BOU, R., COFRADES, S., & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. 2017. Fermented Meat Sausages. *Fermented Foods in Health and Disease*. p: 203-235.
- CHANG, S. & MILES, P.G. 2009. *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*. 2da ed. CRC Press.
- COGGINS, P. C. 2001. *Spices and Flavorings for Meat and Meat Products*. Meat Science and Applications. CRC Press.
- ENNIS, J. 2011. El análisis sensorial: Las tétradas, ASSOCIATION FOR TESTING MATERIALS, USA. INTERNET: http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJA11/e1804_spja11.html.
- ENNIS, D. 2013. *Tables for product testing methods*. Institute for Perception.
- ENNIS, J.; ROUSSEAU, B. & ENNIS, D. 2014. Sensory difference tests as measurements instruments: A review of recent advances. *Journal of Sensory Studies* 29:89-102.
- EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2016. *Processed Meat and Seafood in Costa Rica*. Passport.
- FERNÁNDEZ-SÁENZ, S. 2012. *Manual Técnico Teórico: Manejo Higiénico de la Carne y Procesamiento de Embutidos*. INA. Costa Rica.
- FERNÁNDEZ-GINÉS, J.M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E. & PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. 2005. Meat products as functional foods: A review. *Journal of Food Science* 70 (2): 37-43.
- FOOD SAFETY INTERNATIONAL NETWORK. 2014. Evaluación sensorial en alimentos: reducción de costos con pruebas tétradas, USA. INTERNET: <http://www.safefoodnetwork.com/espanol/espanol/noticias/articulos/3233-reduccion-de-costos-con-pruebas-tetradas.html>
- GREIFF, K., JATTEAU STAUREM, C., NORDVI, B., & RUSTAD, T. 2015. Novel utilization of milk-based ingredients in salt reduced fish pudding. *Food Science and Technology* 63: 92-99.

- HE, F.J., & MCGREGOR, G.A. 2009. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programs. *Journal of Human Hypertension* 23: 363-384.
- 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 Lic. Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, San José.
- HERNÁNDEZ-ROJAS, M., & VÉLEZ-RUIZ, J.F. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México.
- HONIKEL, K.O. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*. 78: 68-76.
- HOUGH, G. 2010. Principles of Sensory Evaluation. Sensory Shelf Life Estimation of Food Products. CRC Press.
- HUI, Y. H. 2012. Safe Practices for Sausage Production in the United States. Handbook of Meat and Meat Processing. 2da ed. CRC Press. p: 619-646.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. 2013. Gasto por artículo según Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGH) 2013. San José, Costa Rica.
- ISHII, R., O'MAHONY, M., & ROUSSEAU, B. 2014. Triangle and tetrad protocols: Small sensory differences, resampling and consumer relevance. *Food Quality and Preference* 31: 49-55.
- JIMÉNEZ ROBLES, A. 2011. Estudio de mercado para hacer una comparación sobre la percepción de los consumidores de San Carlos y el Gran Área Metropolitana (GAM) en relación con los embutidos. Tesis para optar por el grado y título de Maestría Profesional en Gerencia Agroempresarial. Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Posgrado. San José, Costa Rica.
- JIMÉNEZ-COLMENERO, F. & BLÁZQUEZ-SOLANA, J. 2008. Additives: Preservatives. Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis. CRC Press. p: 91-108.

- KIRK, R.; SAWYER, R.; EGAN, H. 2009. Composición y análisis de alimentos de Pearson. 9na edición. Compañía Editorial Continental. México.
- LAWLESS, H. T., & HEYMANN, H. 2010. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. 2da ed. Springer. Estados Unidos.
- LEE, G.H. 2011. A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Research International*. 44:537-543.
- LORJAROENPHON, Y., CHAISERI, S., & JIRAPAKKUL, W. 2015. Vegetable flavors and sensory characteristics. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. 2da ed. CRC Press. p: 57-80.
- MADDOCK, R. 2012. Meat and Meat Products. *Handbook of Meat and Meat Processing*. 2da ed. CRC Press. p: 591-604.
- MARTIN, J.M. 2012. Meat-Curing Technology. *Handbook of Meat and Meat Processing*. 2da ed. CRC Press. p: 531-546.
- MAHADEVAN, K., & FARMER, L. 2006. Key odor impact compounds in three yeast extract pastes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7242-7250.
- MCEWAN, J., EARTHY, P., & DUCHER, C. 1998. Preference Mapping: A Review. *Campden & Chorleywood. Food Research Association*. 29742 (5): 1-32.
- MEIC-MAG-S. 2009. Decreto N° 35079. RTCR 411:2008 Productos cárnicos embutidos: Salchicha, salchichón, mortadela y chorizo. *LA GACETA* N° 45.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G., & CARR, B.T. 2007. Sensory Evaluation Techniques. 4ta ed. Taylor & Francis Group. Boca Ratón.
- MILLER, G., JARVIS, J., & MCBEAN, L. 2006. The Importance of Milk and Milk Products in the Diet. *Handbook of Dairy Foods and Nutrition*. 3ra ed. CRC Press. p:1-53.
- MINASIAN, M. 2011. Permeate can help you reduce sodium while improving flavor. *Dairy Pipeline, Wisconsin Center of Dairy Research* 23 (2): 3-5.
- MINISTERIO DE SALUD. 2011. Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. San José, Costa Rica.
- MINISTERIO DE SALUD., INSTITUTO COSTARRICENSE DE ENSEÑANZA EN NUTRICIÓN Y SALUD., CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL., & ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 2010. Encuesta

- multinacional de diabetes mellitus, hipertensión arterial y de factores de riesgo asociados. San José, Costa Rica.
- NICOLAS, L., MARQUILLY, C. & O'MAHONY, M. 2010. The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible? *Food Quality and Preference* 21: 1008-1015.
- O'MAHONY, M. & ROUSSEAU B. 2002. Discrimination testing: A few ideas, old and new. *Food Quality and Preference*. 14 (2): 157-164.
- 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”.
- PAULSEN, M.T., NYS, A., KVARBERK, R., & HERSLETH, M. 2014. Effects of NaCl substitution on the sensory properties of sausages: Temporal aspects. *Meat Science* 98: 164-170.
- PIETRASIK, Z., & GAUDETTE, N.J. 2015. The effect of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of turkey sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95: 1845-1851.
- PSZCZOLA, D. 2007. Savoring the possibilities. *Food Technology* 61 (4): 55-66.
- REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO. 2010. RTCA 67.01.60:10: “Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad”.
- REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO. 2010. RTCA 67.04.54:10: “Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios”.
- REINECCIUS, G. 2005. Flavor Potentiators. *Flavor Chemistry and Technology*. 2 ed. CRC Press. p: 317-335.
- ROESSLER, E.; PANGBORN, R.; SIDEL, J. & STONE, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired- preference, paired- difference, duo-trio and triangle test. *Journal of Food Science* 43 (3): 940-943, 947.
- ROGERS, R.W. 2001. Manufacturing of reduced-fat, low-fat, and fat-free emulsion sausage. *Meat Science and Applications*. CRC Press.
- RUUSUNEN, M., & PUOLANNE, E. 2005. Reducing sodium intake from meat products. Department of Food Technology. *Meat Science* 7(3): 531-541.

- SANCHO, J., BOTA, E., & CASTRO, J. 2001. Introducción al análisis sensorial de los alimentos, España.
- STONE, H. & SIDEL, J.L. 2004. Sensory evaluation practices. Elsevier. California.
- SUGITA, Y. 2001. Flavor Enhancers. Food Additives. CRC Press.
- TOTOSAUS, A. 2007. Implicaciones de la reducción de sodio en sistemas cárnicos emulsionados. *Nacameh* 1 (2): 75-86.
- UGALDE-BENÍTEZ, V. 2012. Meat Emulsions. Handbook of Meat and Meat Processing. 2da ed. CRC Press. p: 447-456.
- UHL, S. R. 2000. A to Z Spices. Handbook of Spices, Seasonings and Flavorings. CRC Press.
- WATTS, B., YLIMAKI, G., JEFFERY, L. & ELÍAS, L. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. International Development Research Centre, Ottawa.
- XIONG, Y. L. 2012. Nonmeat Ingredients and Additives. Handbook of Meat and Meat Processing. 2da ed. CRC Press. p: 573-587.
- ZAPATA DÍAZ, V. 2015. Determinación del efecto antimicrobiano y del efecto antioxidante del culantro coyote (*Eryngium foetidum*) deshidratado, jengibre (*Zingiber officinale*) deshidratado y oleoresina de jengibre en una matriz cárnica. Tesis Lic. Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, San José.

IX. Anexos

9.1. Hoja de respuesta y esquema de la presentación de muestras utilizadas en los paneles de discriminación tétrada

A continuación se muestra la hoja de respuesta facilitada a cada panelista en las pruebas de diferenciación tétrada.

Tétrada

Set 1 - Nombre _____ Fecha _____

A continuación tiene cuatro muestras, pruebe las muestras de izquierda a derecha. Por favor agrupe los salchichones en dos grupos de dos basándose en similitud, colocando los códigos de las parejas en los cuadros correspondientes. Enjuáguese entre tétradas.

329 806 174 543

Grupo 1		Grupo 2	

Set 2 - Nombre _____ Fecha _____

A continuación tiene cuatro muestras, pruebe las muestras de izquierda a derecha. Por favor agrupe los salchichones en dos grupos de dos basándose en similitud, colocando los códigos de las parejas en los cuadros correspondientes. Enjuáguese entre tétradas.

697 973 206 458

Grupo 1		Grupo 2	

Set 3 - Nombre _____ Fecha _____

A continuación tiene cuatro muestras, pruebe las muestras de izquierda a derecha. Por favor agrupe los salchichones en dos grupos de dos basándose en similitud, colocando los códigos de las parejas en los cuadros correspondientes. Enjuáguese entre tétradas.

715 921 018 331

Grupo 1		Grupo 2	

9.2 Escala hedónica utilizada en la hoja de respuesta para los paneles de consumidores de los objetivos 1 y 2



Figura 8. Escala hedónica de 10 cm utilizada en los paneles de agrado de los objetivos 1 y 2

9.3. Datos de interés de los potenciadores de sabor utilizados

Cuadro XI. Componentes de interés del extracto de levadura LBI Tora 41

Componente	Valor
Proteína	≥ 40%
Ceniza	5,50%
Sal (NaCl)	< 1%
Sodio	156 mg / 100 g

*La dosis recomendada es de 0,3% - 2,5% en el producto final

Cuadro XII. Componentes de interés del suero lácteo en polvo AgriMark

Componente	Valor
Proteína	≥ 3,0%
Ceniza	≤ 10%
Sodio	800 mg / 100 g (<1%)
Lactosa	≥ 80%

9.4. Tablas utilizadas para las pruebas de discriminación

Cuadro XIII. Número de jueces requerido en varias pruebas de discriminación con un $\alpha=0,01$ y varios niveles de potencia de prueba con diferentes valores de d' (Ennis, 2013).

Delta	Power = 0.8				Power = 0.85				Power = 0.9				Power = 0.95			
	2AFC	DT	TET	TRI	2AFC	DT	TET	TRI	2AFC	DT	TET	TRI	2AFC	DT	TET	TRI
0.30	368	37,631	8,548	33,489	415	42,405	9,630	37,721	474	48,721	11,065	43,375	571	59,025	13,400	52,531
0.35	274	20,509	4,688	18,236	306	23,071	5,280	20,528	351	26,557	6,064	23,643	421	32,141	7,343	28,591
0.40	216	12,140	2,801	10,811	242	13,680	3,156	12,173	272	15,699	3,623	13,992	328	18,990	4,369	16,935
0.45	170	7,655	1,786	6,834	192	8,636	2,006	7,679	218	9,905	2,307	8,834	259	11,978	2,792	10,690
0.50	139	5,102	1,202	4,547	154	5,738	1,351	5,110	174	6,574	1,544	5,873	211	7,957	1,867	7,099
0.55	114	3,532	837	3,156	130	3,964	945	3,544	148	4,565	1,082	4,073	174	5,502	1,308	4,925
0.60	101	2,537	608	2,255	110	2,850	684	2,542	123	3,273	783	2,923	150	3,950	945	3,521
0.65	85	1,864	454	1,665	94	2,096	510	1,870	105	2,412	583	2,145	128	2,907	704	2,603
0.70	76	1,411	346	1,265	80	1,582	390	1,420	94	1,823	446	1,622	112	2,203	538	1,968
0.75	64	1,099	272	979	71	1,225	305	1,099	80	1,409	349	1,262	96	1,691	418	1,518
0.80	57	862	215	769	64	966	242	860	73	1,107	280	988	87	1,339	335	1,199
0.85	52	693	175	614	57	770	196	690	64	887	223	797	78	1,072	272	959
0.90	47	563	143	499	52	630	164	563	59	720	183	642	71	866	223	780
0.95	42	464	122	415	47	521	135	465	52	590	156	527	64	716	183	639
1.00	40	383	101	343	42	432	114	382	50	491	130	440	57	592	156	527
1.05	38	328	86	291	40	364	96	324	45	415	109	371	52	502	130	446
1.10	33	274	71	245	38	313	81	275	40	351	96	313	50	428	114	379
1.15	33	235	64	210	35	263	71	234	38	302	81	272	45	364	101	324
1.20	30	205	56	183	33	231	61	204	35	261	71	234	40	315	86	280
1.25	27	181	51	159	30	203	56	180	33	229	61	204	40	274	76	245
1.30	25	159	46	138	27	174	51	156	33	203	56	180	38	242	68	215
1.35	25	139	39	122	25	154	46	138	30	174	51	156	35	211	61	188
1.40	22	123	35	109	25	139	39	122	27	159	46	138	33	187	52	167
1.45	22	110	32	101	22	123	35	109	25	141	39	127	30	170	49	151
1.50	19	101	30	86	22	112	32	101	25	128	37	114	27	150	46	135
1.55	19	92	26	76	19	101	30	86	22	112	32	101	27	137	39	122
1.60	17	80	25	71	19	92	26	81	22	103	32	91	25	123	37	109
1.65	17	76	23	68	19	85	25	71	22	94	28	81	25	112	32	101
1.70	17	69	21	61	17	76	25	68	19	87	26	76	22	103	32	91
1.75	17	64	19	56	17	71	23	61	19	78	25	68	22	94	28	81
1.80	17	57	17	51	17	64	21	56	19	73	23	61	22	87	26	76
1.85	14	52	17	46	17	62	19	51	17	69	21	57	19	80	25	71
1.90	14	50	15	44	17	57	17	47	17	64	19	56	19	76	25	66

Cuadro IX. Número de jueces requerido en varias pruebas de discriminación con un $\alpha=0,05$ y varios niveles de potencia de prueba con diferentes valores de d' (Ennis, 2013).

Delta	Power = 0.8				Power = 0.85				Power = 0.9				Power = 0.95			
	2AFC	DT	TET	TRI	2AFC	DT	TET	TRI	2AFC	DT	TET	TRI	2AFC	DT	TET	TRI
0.30	237	23,293	5,311	20,704	273	27,010	6,159	24,047	319	32,171	7,307	28,625	394	40,563	9,229	36,148
0.35	173	12,687	2,919	11,314	201	14,709	3,389	13,125	237	17,491	4,022	15,603	296	22,080	5,066	19,692
0.40	137	7,508	1,753	6,709	156	8,713	2,025	7,792	184	10,365	2,397	9,247	226	13,088	3,019	11,676
0.45	111	4,753	1,116	4,246	126	5,522	1,293	4,933	143	6,561	1,540	5,843	182	8,253	1,934	7,369
0.50	89	3,160	752	2,825	102	3,661	870	3,286	122	4,350	1,029	3,901	150	5,473	1,293	4,898
0.55	76	2,203	531	1,972	87	2,553	611	2,271	100	3,018	723	2,696	124	3,799	902	3,398
0.60	65	1,579	386	1,415	74	1,828	440	1,642	87	2,162	528	1,940	104	2,713	657	2,435
0.65	56	1,170	290	1,049	65	1,348	332	1,206	74	1,591	389	1,427	89	2,003	491	1,800
0.70	49	891	223	792	56	1,020	251	919	65	1,213	301	1,084	78	1,524	372	1,360
0.75	42	689	173	614	49	792	198	706	56	936	234	841	69	1,174	293	1,055
0.80	37	542	140	488	42	627	162	565	49	734	187	660	60	928	234	827
0.85	33	436	113	389	40	496	129	451	47	596	151	531	56	736	187	663
0.90	30	357	94	318	35	409	110	366	40	484	124	434	49	602	154	545
0.95	28	294	78	262	33	338	89	304	35	394	105	355	44	494	129	443
1.00	26	241	65	220	28	279	78	251	33	334	89	301	40	413	110	369
1.05	23	205	57	184	26	237	65	212	30	279	78	251	37	346	94	310
1.10	21	173	47	154	26	203	57	179	28	237	65	212	35	296	81	265
1.15	21	152	42	135	23	173	47	154	26	203	57	184	33	254	70	231
1.20	18	135	39	116	21	152	42	135	26	175	47	157	28	220	60	198
1.25	18	113	34	102	21	135	39	116	23	154	42	140	28	190	52	173
1.30	16	100	29	89	18	115	34	102	21	137	39	121	26	169	47	151
1.35	16	89	27	81	16	102	29	94	21	122	34	110	23	150	42	132
1.40	16	78	22	70	16	91	29	81	18	109	32	94	23	135	39	116
1.45	13	74	22	65	16	80	23	73	18	96	29	86	21	117	34	105
1.50	13	65	20	57	16	74	22	65	16	87	25	78	21	109	32	94
1.55	13	58	16	52	13	67	20	60	16	78	22	70	18	98	29	86
1.60	11	51	15	47	13	60	18	52	16	69	22	60	18	87	27	78
1.65	11	49	15	42	13	56	16	47	13	65	20	57	16	78	23	70
1.70	11	47	15	39	13	49	15	42	13	58	18	52	16	74	22	65
1.75	11	40	13	37	11	47	15	42	13	56	16	47	16	67	22	60
1.80	11	37	13	34	11	42	15	39	13	49	15	42	16	60	18	53
1.85	11	35	11	30	11	40	13	34	11	47	15	40	13	56	18	50
1.90	11	33	11	29	11	35	13	34	11	42	15	39	13	51	16	47

Cuadro X. Número mínimo de aciertos necesarios para obtener significancia en una prueba de triángulo (aplica para tétrada) según el α utilizado y el número total de jueces “n” (Meilgaard et al., 2007).

n	α							n	α						
	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001		0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
3	2	2	3	3	3	—	—	31	12	13	14	15	16	18	20
4	3	3	3	4	4	—	—	32	12	13	14	15	16	18	20
5	3	3	4	4	4	5	—	33	13	13	14	15	17	18	21
6	3	4	4	5	5	6	—	34	13	14	15	16	17	19	21
7	4	4	4	5	5	6	7	35	13	14	15	16	17	19	22
8	4	4	5	5	6	7	8	36	14	14	15	17	18	20	22
9	4	5	5	6	6	7	8	42	16	17	18	19	20	22	25
10	5	5	6	6	7	8	9	48	18	19	20	21	22	25	27
11	5	5	6	7	7	8	10	54	20	21	22	23	25	27	30
12	5	6	6	7	8	9	10	60	22	23	24	26	27	30	33
13	6	6	7	8	8	9	11	66	24	25	26	28	29	32	35
14	6	7	7	8	9	10	11	72	26	27	28	30	32	34	38
15	6	7	8	8	9	10	12	78	28	29	30	32	34	37	40
16	7	7	8	9	9	11	12	84	30	31	33	35	36	39	43
17	7	8	8	9	10	11	13	90	32	33	35	37	38	42	45
18	7	8	9	10	10	12	13	96	34	35	37	39	41	44	48
19	8	8	9	10	11	12	14	102	36	37	39	41	43	46	50
20	8	9	9	10	11	13	14	108	38	40	41	43	45	49	53
21	8	9	10	11	12	13	15	114	40	42	43	45	47	51	55
22	9	9	10	11	12	14	15	120	42	44	45	48	50	53	57
23	9	10	11	12	12	14	16	126	44	46	47	50	52	56	60
24	10	10	11	12	13	15	16	132	46	48	50	52	54	58	62
25	10	11	11	12	13	15	17	138	48	50	52	54	56	60	64
26	10	11	12	13	14	15	17	144	50	52	54	56	58	62	67
27	11	11	12	13	14	16	18	150	52	54	56	58	61	65	69
28	11	12	12	14	15	16	18	156	54	56	58	61	63	67	72
29	11	12	13	14	15	17	19	162	56	58	60	63	65	69	74
30	12	12	13	14	15	17	19	168	58	60	62	65	67	71	76
								174	61	62	64	67	69	74	79
								180	63	64	66	69	71	76	81

Cuadro XI. Valores de d' según la proporción de aciertos calculada en una prueba tétrada ($\times 10^4$) (Ennis, 2013).

δ	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	3333	3334	3334	3335	3336	3338	3340	3342	3345	3348
0.1	3352	3356	3360	3364	3369	3375	3380	3386	3393	3399
0.2	3406	3414	3422	3430	3438	3447	3456	3466	3476	3486
0.3	3497	3508	3519	3530	3542	3555	3567	3580	3593	3607
0.4	3621	3635	3650	3665	3680	3695	3711	3727	3743	3760
0.5	3777	3794	3812	3830	3848	3867	3885	3904	3924	3943
0.6	3963	3983	4003	4024	4045	4066	4087	4109	4131	4153
0.7	4175	4198	4221	4244	4267	4290	4314	4338	4362	4386
0.8	4411	4436	4461	4486	4511	4536	4562	4588	4614	4640
0.9	4666	4693	4720	4746	4773	4800	4828	4855	4883	4910
1.0	4938	4966	4994	5025	5050	5079	5107	5136	5165	5193
1.1	5222	5251	5280	5309	5338	5368	5397	5426	5456	5485
1.2	5515	5545	5574	5604	5634	5663	5693	5723	5753	5783
1.3	5813	5843	5872	5902	5932	5962	5992	6022	6052	6082
1.4	6112	6142	6172	6201	6231	6261	6291	6320	6350	6380
1.5	6409	6439	6468	6498	6527	6556	6586	6615	6644	6673
1.6	6702	6731	6760	6789	6817	6846	6874	6903	6931	6959
1.7	6987	7015	7043	7071	7099	7126	7154	7181	7209	7236
1.8	7263	7290	7316	7343	7370	7396	7422	7449	7475	7501
1.9	7526	7552	7578	7603	7628	7653	7678	7703	7728	7752
2.0	7777	7801	7825	7849	7873	7896	7920	7943	7966	7989
2.1	8012	8035	8058	8080	8102	8124	8146	8168	8190	8211
2.2	8233	8254	8275	8296	8316	8337	8357	8377	8397	8417
2.3	8437	8456	8476	8495	8514	8533	8552	8570	8588	8607
2.4	8625	8643	8660	8678	8695	8713	8730	8757	8764	8780
2.5	8797	8813	8829	8845	8861	8877	8892	8907	8923	8938
2.6	8953	8967	8982	8996	9011	9025	9039	9053	9066	9080
2.7	9093	9106	9119	9132	9145	9158	9170	9183	9195	9207
2.8	9219	9231	9242	9254	9265	9277	9288	9299	9310	9320
2.9	9331	9341	9352	9362	9372	9382	9392	9401	9411	9420
3.0	9430	9439	9448	9457	9466	9475	9483	9492	9500	9508