

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

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

Reducción de sodio en una salsa de tomate tipo Kétchup y su efecto sobre las
características sensoriales del producto

Propuesta por:

Rebeca Lucía Álvarez Calvo

Carné: B30329

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Julio, 2019

DEDICATORIA

A Mami, Papi y Mari,
por darme amor, apoyo y
todo lo que estuviera en sus manos.

Los amo mucho.

TRIBUNAL EXAMINADOR

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Aprobado por:

M.Sc Ana Lucía Mayorga Gross

Presidenta del Tribunal

Ph.D. Jessie Usaga Barrientos

Directora del proyecto

Ph.D. Elba Cubero Castillo

Asesora del proyecto

M.Sc. Ana Incer González

Asesora del proyecto

Ph.D. Eric Wong González

Profesor designado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por hacer posible esto y ser mi apoyo más grande.

A mami, papi y Mari, por ser los motores de inicio a fin de cada paso en mi vida. Gracias por ser esenciales en este último empujón de mi carrera universitaria. Vamos por más triunfos. LOS AMO.

A Abue desde acá y Pupo desde el cielo, gracias por ser mis segundos papás.

A Gerald, por apoyarme todos los días, desvelarse conmigo y darme porras hasta el último día, gracias por demostrarme amor con todo eso. Te amo.

A mi comité. Gracias profe Jessie por aceptarme en este proyecto, ser increíble como profe, como persona y adoptarnos a todos sus tesoros. A la profe Elba por pasar cada segundo en el laboratorio de sensorial para que todo saliera de la mejor manera. A la profe Ana Incer, por ser incondicional con cada paso de la tesis.

Al profe Oscar, por comprometerse con el proyecto como si fuera suyo y por ser parte de cada crisis.

A la profe Marcia, por estar en cada crisis desde el primer año y por la empatía con todos sus estudiantes.

A Rody y Xime, por estar desde el primer semestre. Rody, mi dúo dinámico, por estar desde el día 1 de la carrera, porque con vos jamás puedo estar sin reír. Gracias por ser un amigo incondicional, una de las personas más inteligentes e ingeniosas que conozco, te mereces lo mejor. A Xime, por tener un corazón enorme, y con eso ayudar con la mejor disposición a todos los que lo necesiten. Lo logramos, bebés.

A Rebe, mi mejor amiga, mi tocaya, creo que sos de las personas que mejor me conoce y me apoya, parte de esto es tuyo. A Clarence, mi mejor amigo, por mandarme memes de hacer la tesis hasta que terminé.

A Kari, Andy, Adri, Cubero esto también es de ustedes.

A los asistentes del laboratorio de sensorial, Xime, Camilo y Ale, sin ustedes no lo hubiera logrado. A Giova, Cama, Luis, Alonso, Vanny, por darnos el apoyo más grande en todas las labores de los laboratorios, por estar en todo nuestro trayecto universitario y formarnos como ingenieros y personas.

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA.....	i
TRIBUNAL EXAMINADOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN	ix
1. JUSTIFICACIÓN	3
2. OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. MARCO TEÓRICO.....	9
3.1. RIESGOS PARA LA SALUD ASOCIADOS AL CONSUMO DE SODIO SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL CONSUMO DE SODIO	9
3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE SODIO.....	10
3.3. SALSA DE TOMATE TIPO KÉTCHUP	12
3.3.1. DEFINICIÓN	12
3.3.2. COMERCIALIZACIÓN DE SALSAS DE TOMATE EN COSTA RICA Y EL MUNDO.....	13
3.3.3. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE SALSAS DE TOMATE.....	14
3.4. ANÁLISIS SENSORIAL	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. LOCALIZACIÓN.....	19
4.2. MATERIAS PRIMAS	19
4.3. CARACTERIZACIÓN DE SALSAS COMERCIALES Y FORMULACIÓN DE SALSA MODELO.....	19
4.3.1. SELECCIÓN DE LOS INGREDIENTES PARA LA FORMULACIÓN BASE	19
4.3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SALSAS COMERCIALES	20
4.3.3. FORMULACIÓN DE LA SALSA MODELO.....	21

4.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
4.4. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA EN LA SALSA DE TOMATE TIPO KÉTCUP	25
4.4.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	25
4.4.2. PREPARACIÓN DE LAS CABINAS	25
4.4.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODIO EN LOS ESTÍMULOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DAP	26
4.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
4.5. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN SALSAS DE TOMATE TIPO KÉTCUP.....	30
4.5.1. PRUEBA DE DISCRIMINACIÓN (2-AFC)	30
4.5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
4.5.3. PRUEBA DE AGRADO POR PARTE DE CONSUMIDORES	30
4.5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1. CARACTERIZACIÓN DE SALSAS COMERCIALES Y SALSA MODELO..	32
5.2. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA EN LA SALSA DE TOMATE TIPO KÉTCUP	39
5.3. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN SALSAS DE TOMATE TIPO KÉTCUP.....	40
6. CONCLUSIONES.....	45
7. RECOMENDACIONES	46
8. BIBLIOGRAFÍA	47
9. ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de las salsas modelo de tomate tipo Kétchup.	22
Figura 2. Muestra de bandeja para panelistas del estímulo constante y puntos de la curva psicofísica.	28
Figura 3. Porcentaje de reporte de los ingredientes presentes en 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017.	32
Figura 4. Porcentaje de salsas de tomate tipo Kétchup, según su país de producción, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017.	33
Figura 5. Porcentaje de cada uno de los tipos de empaques utilizados en 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017.	33
Figura 6. pH promedio de 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan la desviación estándar).	34
Figura 7. Promedio del contenido de sólidos solubles en 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan la desviación estándar).	35
Figura 8. Distancia asociada con la consistencia medida con un consistómetro de Bostwick para 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan la desviación estándar).	35
Figura 9. Promedio de actividad de agua de 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan la desviación estándar).	36
Figura 10. Parámetros promedio de color en 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan la desviación estándar).	36
Figura 11. Promedio de la concentración de sodio en 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan el índice de confianza), siendo la barra azul el valor experimental y la barra anaranjada el valor teórico mostrado en la etiqueta nutricional.	37
Figura 12. Determinación de la DAP mediante la prueba de umbrales.	39

Figura 13. Agrado general de los panelistas de los 3 conglomerados para las salsas modelo, formulación reducida en sodio y las salsas comerciales Heinz y Lizano, los paréntesis indican su concentración de sodio promedio. 42

Figura 1A. Dendograma de los conglomerados encontrados en la prueba de agrado de la salsa modelo sin reducir, reducida y las salsas comerciales Heinz y Lizano. 61

ÍNDICE DE CUADROS	Pág.
Cuadro I. Formulación de la salsa de tomate tipo Kétchup modelo	23
Cuadro II. Porcentaje de sal para la determinación de la DAP con la prueba de umbrales.....	27
Cuadro III. Características fisicoquímicas de la salsa modelo.....	39
Cuadro IV. Formulación de la salsa de tomate tipo Kétchup reducida	41
Cuadro V. Características fisicoquímicas de la salsa reducida	41
Cuadro IA. Resultados obtenidos en el programa FIZZ para el panel de determinación del umbral de la DAP para la reducción de sodio en salsas de tomate tipo Kétchup (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración variable de sal).	55
Cuadro IIA. Frecuencia de escogencia de la salsa con mayor concentración de sodio contra la salsa reducida en sodio (1: Salsa modelo con mayor sodio; 0: Salsa reducida en sodio).....	56
Cuadro IIIA. Prueba de agrado de las salsas modelo sin reducir y reducida, y las salsas comerciales Heinz y Lizano.....	57

ÍNDICE DE ECUACIONES	Pág.
Ecuación 1. Corrección de los °Brix mediante la temperatura y la acidez.....	21
Ecuación 2. Cálculo de la potencia de la prueba (1- β).....	25
Ecuación 3. Cálculo de la DAP.....	29

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CFR: Code of Federal Regulations

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

PROCOMER: Institución Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica

CDC: Centers for Disease Control and Prevention

WHO: World Health Organization

FDA: Food and Drug Administration

RESUMEN

Álvarez Calvo, Rebeca Lucía

Reducción de sodio en una salsa de tomate tipo Kétchup y su efecto sobre las características sensoriales del producto.

Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos – San José, Costa Rica.

Álvarez, R. 2019.

66 pp. 64 refs.

En el presente trabajo se desarrolló una metodología de reducción de sodio en una salsa de tomate tipo Kétchup, elaborada de acuerdo con las características físico químicas y de formulación de marcas comerciales de este producto consumidas en Costa Rica. Para esto, se realizó un estudio del mercado nacional, del 22/06/2017 al 30/07/2017 de las salsas de tomate tipo Kétchup, donde se obtuvieron diferencias significativas entre las salsas importadas y nacionales, y resultó que las importadas fueron las de mayor concentración de sodio. Con esto, se definieron las características físico químicas promedio existentes en las salsas, permitiendo formular una salsa modelo que se ajustara a las mismas.

Para el análisis de la reducción de sodio, se utilizó el método de umbrales con estímulo constante, para la obtención de la diferencia apenas perceptible (DAP), con un panel de discriminación, usando 2-AFC, con 40 consumidores, tomando en consideración el estímulo constante y una serie de concentraciones de sal con incrementos semilogarítmicos. Con esto, se obtuvo una DAP de 0,54%, siendo el porcentaje máximo que se puede reducir de sal donde apenas se percibirá un cambio en el producto por parte del consumidor. Para asegurar que no se encontrara diferencia en la aceptación del producto reducido en sodio, se realizó un aumento de 0,03% de sal, obteniendo un 0,51% de la DAP en el producto final, equivalente a 28% de reducción de sal en el producto.

Para validar si existían diferencias significativas entre la salsa modelo sin reducir y la reducida en sodio, se realizó un panel de discriminación con una prueba 2-AFC aplicada a 40 consumidores, obteniendo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre

las 2 salsas. Por tanto, se determinó mediante una prueba de agrado, si la salsa reducida en sodio gustaba tanto o más que la salsa sin reducir, a pesar de la existencia de una diferencia. Para esto, se realizó una prueba de agrado general del producto con 112 consumidores, generando 3 conglomerados distintos de calificación del producto debido a las distintas tendencias de agrado entre los panelistas. En el conglomerado 1, se obtuvo que las salsas comerciales gustaban, indistintamente de la concentración de sodio en el producto. En el conglomerado 2, el cual representa un 32% de la población, se muestra que la salsa con menor cantidad de sodio gustó significativamente ($p \leq 0,05$) menos que la versión regular, por lo que este grupo de la población es más susceptible a una reducción de sodio en el producto y en el conglomerado 3, se obtuvo mayor agrado por las salsas con menor contenido de sodio (22% de la población).

Tomando en cuenta los tres conglomerados, la salsa de tomate tipo Ketchup reducida en sodio gustó igual o más que la salsa sin reducir sodio, por lo que valida finalmente la reducción de sodio en el producto, lo cual era el objetivo general de esta investigación.

1. JUSTIFICACIÓN

Según los índices mostrados en los últimos años por la Institución Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), el mercado de salsas de tomate se encuentra en crecimiento. Esto se demuestra en un aumento de un 40% de la exportación de estos productos y un aumento de un 14% en su importación, además de un posicionamiento de Costa Rica como el primer exportador de salsas de tomate tipo Ketchup en América Latina y el Caribe (PROCOMER, 2016).

El consumo excesivo de sodio ha sido uno de los causales del aumento en diversas enfermedades en los últimos años, asociadas generalmente a problemas cardiovasculares, en riñones y cáncer gastrointestinal (CDC, 2012b). Además, se estima que un 70% de las muertes a nivel mundial son causadas por enfermedades no transmisibles, como las mencionadas anteriormente, de las cuales un 83% de estas muertes corresponden a estas enfermedades en el caso de Costa Rica (World Health Organization, 2017). Una patología crónica que se ha relacionado directamente con el consumo de sodio es la hipertensión arterial, la cual se asocia como factor de riesgo en las enfermedades cardiovasculares, ya que, ante un consumo excesivo de este mineral, los riñones no pueden mantener la homeostasis del cuerpo, dificultándose la excreción del compuesto. Producto de este fenómeno, puede aumentar la retención de agua para equilibrar la presión osmótica corporal, generando que el sistema sanguíneo deba aumentar su capacidad de flujo, por lo que se da un aumento en la presión arterial. Asimismo, el desequilibrio antes indicado puede ocasionar afectaciones en otros órganos que están relacionados con este proceso (World Health Organization, 2012b).

Además de la hipertensión arterial, se han reportado diversas enfermedades asociadas con el consumo excesivo de sodio en diferentes zonas del cuerpo. En el caso del cerebro, se indica un aumento en la sensibilidad de las neuronas simpáticas, lo que genera que se aumente la respuesta a estímulos simpáticos, como por ejemplo la contracción del músculo esquelético, provocando un deterioro en los órganos relacionados con este sistema (World Health Organization, 2012a). Por su parte, otros problemas cardiovasculares pueden desencadenarse, como

sucede con el caso del aumento de la hipertrofia del ventrículo izquierdo del corazón, la cual corresponde a un engrosamiento en las paredes del ventrículo y aumento de la masa del mismo, generando que pierda elasticidad y capacidad de bombear sangre con la regularidad que lo haría normalmente (World Health Organization, 2012b).

Asimismo, se ha demostrado el daño que el exceso de sodio puede causar en las arterias, ya que se reduce su función endotelial, aumentando su rigidez y provocando que no se tenga respuesta veloz a los factores de riesgo, generando además deterioro vascular y lesiones que podrían conllevar a una arteriosclerosis (World Health Organization, 2012a).

Diferentes organizaciones se han enfocado en promover la reducción de la ingesta de sodio en alimentos debido a las afectaciones ya mencionadas, como lo son el Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Ministerio de Salud específicamente en Costa Rica. En nuestro país existe, por ejemplo, el Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio que propone la reducción progresiva de la ingesta de sodio para obtener un consumo máximo de 5 g de sal o 2 g de sodio/persona/día antes del 2021. En este proyecto tanto el gobierno como instituciones privadas se comprometen a la divulgación del plan realizado en conjunto (Ministerio de Salud, 2011).

A pesar de que diversos estudios se han realizado en el tema de reducción de sodio en alimentos, mediante distintas técnicas, a la fecha no se reportan investigaciones, transferidas por medio de publicaciones científicas, específicas para la reducción o sustitución de sodio en salsas de tomate tipo Ketchup. Esto representa un vacío en la información de índole técnico disponible para reformular productos de esta naturaleza con un menor contenido de sodio y, por ende, se dificulta alinear este producto, el cual es de alto consumo a nivel nacional, a las tendencias y exigencias regulatorias y del mercado y consumidor actual.

Los estudios previos realizados en el tema de reducción de sodio indican, en la mayoría de los casos, una disminución en la aceptación del producto, por lo que es

un factor importante por tomar en cuenta al plantear el desarrollo de una salsa de tomate tipo Kétchup reducida en sodio. En general, en panes se da un rechazo del producto por parte de los consumidores al realizar una reducción de sal de un 33% a un 52% (Ferrante *et al.*, 2011; Miller & Jeong, 2014). En quesos, se reporta un rechazo del producto cuando se aplica entre un 12% a un 27% de reducción de sal, siendo un porcentaje menor que para el caso de panes (Ganesan *et al.*, 2014). En carnes procesadas se da un rechazo del producto, al reducir en un 80% el contenido de sal, por lo que se considera que el consumidor percibe que las carnes procesadas contienen alto porcentaje de sal, permitiendo una reducción de esta magnitud (López *et al.*, 2012). En sopas, se realizó una reducción de sal entre un 22% a un 32%, observándose un rechazo en este punto del producto, no obstante, en estos estudios se destaca un aumento de la aceptación del producto en algunos casos al realizar una reducción entre un 50% y 67% de sal (Willems *et al.*, 2014; Ball *et al.*, 2002; Carter *et al.*, 2011). Cabe destacar que los valores antes indicados corresponden a los porcentajes de reducción de sal con respecto al producto original.

El sodio en productos alimentarios, en general, tiene funciones tales como la preservación del alimento y la generación o resaltamiento de su sabor (CDC, 2012a). En el caso de la preservación de alimentos, la sal puede reducir la actividad de agua en el alimento al asociarse con el agua libre, por lo que el agua disponible para reacciones químicas y el crecimiento microbiano disminuye (FDA, 2016). Además, las células de los microorganismos pueden sufrir un efecto de ósmosis al tener un diferencial de concentración de agua dentro y fuera de la célula. Esto genera que la célula muera o disminuya su crecimiento, tomando en cuenta que se limita la solubilidad del oxígeno por los iones sodio, aportando en la disminución de este crecimiento (Henney *et al.*, 2010).

El efecto de la concentración de cloruro de sodio (NaCl) sobre los microorganismos se puede observar a partir de la adición de un 5% de NaCl en bacterias patógenas como *Escherichia coli* O157:H7 y *Staphylococcus aureus*, donde se muestra un daño a la estructura de la bacteria. Incluso, a partir de un 10% de NaCl se puede

dar un daño severo en la membrana celular microbiana (Hajmeer *et al.*, 2006). En el caso de *Clostridium botulinum*, se reporta la inhibición del microorganismo ante la presencia de un 4-5% de sal (FDA, 2012). A pesar de esto, bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes* pueden soportar hasta 12% de sal sin ver afectado su crecimiento (IFT/FDA, 2001).

Pese a la utilización del sodio como mecanismo de control para los microorganismos, se debe tomar en cuenta el efecto que tiene el mismo en la resistencia térmica, ya que en la literatura se reporta que la tolerancia térmica de un microorganismo puede aumentar o disminuir. Por ejemplo, *E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* y cepas de *Salmonella* sensibles al calor, aumentan su tolerancia térmica en presencia de sodio, mientras que *Pseudomonas fluorescense* y cepas de *Salmonella* resistentes al calor, muestran una disminución en su tolerancia térmica; esto a una concentración de 1,0-2,5% de cloruro de sodio (Den Besten *et al.*, 2006). Dado este fenómeno, de forma alternativa, algunos desarrolladores han reemplazado parte del contenido de sal en la formulación, añadiendo hierbas y especias antimicrobianas o controlando el pH cuando es posible y la humedad con aditivos tales como cloruro de calcio, sustitutos de sodio o realizando algún proceso de extracción de agua (Taormina, 2010).

El sabor que otorga la sal a un alimento se da, principalmente, por el aumento o efecto potenciador de los sabores ya presentes. Cabe destacar que existe un límite máximo de aceptación de este ingrediente por parte de los consumidores, ya que a ciertos niveles se reduce la palatabilidad en el producto y, en consecuencia, se genera una disminución en su aceptación (Breslin & Spector, 2008). La sal genera además un mejoramiento en la percepción del espesor, realza el dulzor, enmascara sabores metálicos, balancea los sabores presentes y puede suprimir sabores amargos en algunos productos. A pesar de esto, este aditivo genera una disminución del aroma presente y un aumento en algunos sabores indeseados al suprimir el amargo en el alimento (Henney *et al.*, 2010).

Para realizar la reducción de sodio en alimentos, se pueden utilizar estrategias como la sustitución del ingrediente o bien utilizar resaltadores o potenciadores de sabor

en el producto. En el caso de la sustitución, se utilizan ingredientes alternativos como sales de potasio, cloruro de potasio (KCl), cloruro de magnesio (MgCl), cloruro de calcio (CaCl₂) y sal de mar baja en sodio. En el caso de los potenciadores de sabor, los más comúnmente utilizados debido a su efectividad, son lisina, guanilato disódico (GMP), inosinato disódico (IMP), extracto de levadura, lactato de potasio, especias saborizantes, glutamato monosódico (GMS), proteína vegetal hidrolizada y salsa de soya (Jaenke *et al.*, 2017).

Para la reducción de sodio en un alimento sin aplicar una sustitución, se utiliza el método de umbrales, el cual permite medir la sensibilidad de la población de estudio al estímulo analizado, permitiendo definir, por ejemplo, paneles no entrenados para el análisis de cierto compuesto de estudio y la sensibilidad que se va a obtener en estos estudios. En la determinación de un umbral se debe tomar en cuenta que la respuesta al estímulo se ve afectada por la población analizada y la sensibilidad hacia la misma (Bi & Ennis, 1998).

El método de estímulo constante, bajo la metodología para determinar el umbral de diferencia y utilizando la DAP (diferencia apenas perceptible), permite aumentar o disminuir en cantidades muy pequeñas la concentración del estímulo, con respecto al estándar, determinando en qué punto se puede percibir la diferencia (Meilgaard *et al.*, 2006). Además, en estos casos se utilizan pruebas de discriminación, ya que se desea eliminar la respuesta sesgada que se puede provocar al ser un estímulo confuso, por lo que se añade la escogencia forzada con pruebas de triángulo, 2-AFC, entre otras, para reducir este error (Bi & Ennis, 1998).

Tomando en cuenta las circunstancias antes mencionadas y que una reducción de un ingrediente, en este caso el cloruro de sodio, resulta más económico que su sustitución, en el presente trabajo final de graduación se propone la reducción de sodio en una salsa de tomate tipo Kétchup, utilizando la técnica sensorial de umbrales validada mediante una prueba de escogencia forzada en conjunto con un panel de agrado, si fuese necesario, con el objetivo de evaluar el efecto de esta reducción sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del producto terminado.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la reducción de sodio, en una salsa de tomate tipo Kétchup, sobre sus características sensoriales para la determinación de la aceptación del producto por parte de consumidores.

Objetivos específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica de 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en el mercado costarricense, para una comparación de su contenido de sodio con el valor reportado en la etiqueta y el desarrollo posterior de una formulación base, representativa de las salsas de tomate disponibles en el mercado nacional en la actualidad.
- Determinar el umbral de diferencia apenas perceptible (DAP) de sodio en una salsa modelo de tomate tipo Kétchup.
- Validar, mediante pruebas sensoriales, la reducción de la concentración de sodio en la salsa modelo de tomate tipo Kétchup, demostrando que la diferencia no es percibida o rechazada por los consumidores.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. RIESGOS PARA LA SALUD ASOCIADOS CON EL CONSUMO DE SODIO: SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL CONSUMO DE SODIO

Las enfermedades cardiovasculares se encuentran como la razón principal de mortalidad en el mundo, donde estudios epidemiológicos relacionan linealmente la cantidad de consumo de sodio, medido en la orina o calculado por los alimentos consumidos diariamente, y la alta presión arterial en la población (Noh *et al.*, 2015). Esto se puede establecer, ya que Kotliar *et al.* (2014) determinaron que la inhibición de la secreción de renina y aldosterona se da en dietas con alto consumo de sodio, los cuales en condiciones normales forman parte del mantenimiento de la homeostasis del volumen corporal de fluidos, el balance de electrolitos, la presión arterial y su relación con funciones neuronales y del sistema endocrino, las cuales funcionan como parte del control cardiovascular. Además de afectar la presión arterial en la población, también promueve la fibrosis vascular y cardíaca, la cual se caracteriza por un engrosamiento en las paredes del corazón, donde se vería reducida o inexistente en la presencia de las dos hormonas ya mencionadas (Drenjancevic-Peric *et al.*, 2011).

La Asociación del Corazón de Estados Unidos (AHA, por sus siglas en inglés) determinó que en el 2012 un 45,4% de las muertes por enfermedades cardiovasculares en Estados Unidos eran atribuidas a malos hábitos alimenticios, situando en primer lugar con un 9,5% el alto consumo de sodio. Además, en este mismo estudio se determinó que del 2002 al 2012 las muertes por enfermedades cardiovasculares se redujeron en un 26,5%, pero se dio un aumento de un 5,8% en las muertes asociadas por el alto consumo de sodio (AHA, 2019).

A pesar de los esfuerzos dados por diversas organizaciones en el mundo, un estudio de la Universidad de Harvard determinó que el consumo de sodio a nivel mundial no ha cambiado significativamente. Se ha determinado que se dio una reducción en los índices de obesidad y mala alimentación, de un 69,2% a un 54,6% en niños y de un 50,3% a un 41% en adultos, dando resultados de campañas promovidas por organizaciones de la salud, pero manteniendo la ingesta de gramos/día/persona en

3,95g promedio mundialmente, siendo Asia Central la región con mayor consumo (5,51g) y el Este de África la región con menor consumo (2g). En el caso de Centroamérica, el consumo de sodio se encuentra por debajo del promedio, con un 3,1g, y en el caso específico de Costa Rica, de 1990 a 2010 se dio un aumento en un 6,7% del consumo de sodio en la población total del país (Powles *et al.*, 2013).

3.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE SODIO

El uso de sal en los alimentos data de hace 5000-10000 años, donde se utilizaba principalmente como método de preservación de los alimentos, provocando un alto consumo en la civilización. Además, con el descubrimiento de las minas de sal y una mejora en los sistemas de transporte, los alimentos con altas cantidades de sal ya eran costumbre de la población, siendo así que en los años 300 d.C. el consumo de sal era de 3g/día para las mujeres y 5g/día para los hombres, los cuales son datos cercanos a los consumos actuales en algunas regiones del mundo. Entonces, se puede determinar que el alto consumo de sal no se relaciona exclusivamente con el consumo de alimentos procesados en esta época, ya que se relaciona más con el tratamiento que el alimento necesita para conservarse (Henney *et al.*, 2010).

La sal es utilizada como método de preservación, el cual se relaciona directamente con la reducción de agua libre (aw) en el alimento y, en conjunto con otros métodos de conservación, contribuye a la inocuidad en el producto. Al reducir el aw en el alimento, se reduce la microbiota bacteriana en el mismo y se da un cambio de la microbiota, ya que la mayoría de las bacterias que se encontrarán en el producto al tener menos agua disponible serán Gram positivas, las cuales se asocian menos a deterioro de alimentos y requieren mayor cantidad de tiempo para alcanzar el nivel de deterioro que daría una bacteria Gram negativa (Miller *et al.*, 2015).

El uso de sal no se da únicamente como método de preservación, ya que proporciona sabor a los alimentos. Esto se da ya que el sodio es un compuesto esencial para los procesos fisiológicos del cuerpo, por lo que el cloruro de sodio (NaCl) por presión selectiva se absorbe en el cuerpo manteniendo estas funciones estables, siendo las papilas gustativas los receptores de la presencia de este

compuesto. Los receptores involucrados en el mecanismo de transducción del sodio se involucran dando el sabor específico que da el sodio en pequeñas cantidades y eliminan el sabor de cationes distintos al sodio o de concentraciones excesivas consumidas en los alimentos (Liem *et al.*, 2011). Esto genera que el sabor específico del sodio sea difícil de remplazar con sustitutos, por lo que generalmente la reducción del sodio lleva de manera paralela una sustitución con otros compuestos, que permitan realizar un balance en el sabor de los alimentos.

Algunos de los sustitutos utilizados comúnmente en la reducción de sodio son los compuestos que incluyen potasio, ya que las propiedades físicas y funcionales del potasio se relacionan cercanamente al sodio. Añadido para aportar sabor, el potasio está asociada con una reducción en la presión arterial, además de ser un componente consumido en baja cantidad de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), ya que el mínimo diario debería ser de 3,5g de potasio (WHO, 2012c). Se debe tomar en cuenta que también el potasio en exceso puede causar daños renales, diabetes mellitus y obstrucción en la uretra debido a formación de cristales en los riñones (Afshaan & Madhavi, 2018). Además, las sales de potasio pueden contribuir con un sabor amargo como sensación final en el alimento, lo que puede provocar un rechazo en el producto (Armenteros, 2012).

Otro método de reducción de sodio es el uso de los resaltadores de sabor, como lo son los compuestos con sabores umami. Algunos de los compuestos son el ácido inosínico (IMP por sus siglas en inglés), el guanosín monofosfato cíclico (GMP por sus siglas en inglés), glutamato monosódico, salsa de soya y diglutamato de calcio, los cuales pueden variar su concentración en el producto final dependiendo del método de cocción, junto con su tiempo y temperatura (Rotola *et al.*, 2015).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) regula la definición de sustitución de sal, donde indica que los sustitutos de sal no podrán tener más de 120 mg de sodio/100 g de la mezcla de sustituto de sal, por lo que la mayoría de los sustitutos de sal no entran dentro de esta categoría, teniendo que utilizar términos distintos a un verdadero sustituto de sodio (FAO, 1983).

3.3. SALSA DE TOMATE TIPO KÉTCHUP

3.3.1. DEFINICIÓN

El origen y uso de los aderezos y salsas se remonta a los egipcios y los romanos, los cuales utilizaban estos productos para agregar sabor a vegetales o ensaladas, al utilizar combinaciones de condimentos y aceites traídos de la zona oriental del mundo (Boatella *et al.*, 2004).

El Reglamento Técnico Centroamericano de Alimentos de Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de Alimentos (RTCA 67.04.50:17) incluye a las salsas de tomate tipo ketchup en el grupo de salsas, aderezos, especias y condimentos, los cuales por definición incluyen sustancias que se añaden a un alimento, para acentuar su aroma y gusto. Además, se incluye dentro de la subcategoría de salsas de tomate, mostaza y salsas para sazonar, debido a sus características similares y a su proceso de elaboración.

El Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos (CFR por sus siglas en inglés) define a la salsa Ketchup en el título 21, capítulo 1, subcapítulo B, parte 155.194, como el alimento que contiene concentrado de tomate acidificado, de las variedades *Lycopersicum esculentum*, con líquido derivado de los tomates maduros de las mismas variedades y cualquier líquido obtenido en los procesos de extracción o enlatado. Además, los ingredientes opcionales permitidos en este producto son vinagre, edulcorantes nutritivos (dextrosa anhidra, dextrosa monohidratada, glucosa, lactosa, caña, maple, sorgo o jarabe de mesa), especias, saborizantes, cebolla y ajo (CFR, 2017).

Además, las salsas de tomate tipo Ketchup se clasifican por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés) como un producto acidificado, el cual es un alimento de baja acidez con un proceso de acidificación para obtener en el producto terminado un pH menor o igual a 4,6 y con un aw mayor a 0,85, por lo que se debe seguir la guía indicada en el CFR, título 21, capítulo 108, esto para asegurar la inocuidad del producto, ya que al ser un

alimento estable a temperatura ambiente se debe garantizar su esterilidad comercial (CFR, 2017).

3.3.2. COMERCIALIZACIÓN DE SALSAS DE TOMATE EN COSTA RICA Y EL MUNDO

El observatorio de la complejidad económica de la Universidad de Massachusetts (MIT por sus siglas en inglés) coloca a la salsa de tomate como parte del 27% de exportaciones que se realizan mundialmente, siendo Estados Unidos el mayor exportador con \$379 millones, seguido por Holanda con \$262 millones e Italia con \$260 millones, dejando a Costa Rica con un monto de \$29,3 millones anuales. La industria de exportación mundial en su totalidad equivale a \$1,78 billones anuales, con un crecimiento aproximado de hasta un 13% en la región europea (OEC, 2019).

Según datos de Procomer, la categoría de salsas alcanzó en ventas para el 2014 \$386MM, donde \$181MM corresponden a ketchup y mayonesa y solo un 7% representa importaciones (\$13MM). Existe oportunidades de crecimiento a exportación en países como Colombia, donde el mercado ha crecido en un 38% del 2010 al 2014, siendo la marca Nacional Fruco la más consumida del mercado (Procomer, 2014). Además, hacia países más cercanos como Guatemala, los cuales se benefician además por los tratados con la Unión Regional Centroamericana; se dio un 5,3% de las exportaciones en salsas y preparaciones, para el año 2013 (Procomer, 2013).

Para las exportaciones de este producto, se debe tomar en cuenta la existencia de los tratados comerciales vigentes para nuestro país, ya que esto genera tratos arancelarios preferentes y creación de mayor inversión en el extranjero, resultando en destinos estratégicos para desarrollar el trato comercial con estos países. Algunos de estos son el AACUE (entre Centroamérica y la Unión Europea), Centroamérica, CAFTA-DR (entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos), China, CARICOM (entre Costa Rica y los Estados del Caribe), Panamá, Colombia, México, Chile, Perú y Singapur (Comex, 2019).

3.3.3. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE SALSAS DE TOMATE

Los ingredientes utilizados en la elaboración de salsas de tomate tipo Kétchup pueden variar según los resultados y la calidad esperada en el producto final, aun así, se tomaron como referencia los más utilizados en la industria costarricense como estándar de la salsa a formularse para este estudio, basados en el análisis ya realizado en las muestras tomadas de Costa Rica (Lang, 2007).

La pasta o concentrado de tomate es un ingrediente fundamental en la salsa, ya que al ser la base del producto final, este material el mismo debe tener ciertas características para alcanzar la calidad necesaria, como lo son la consistencia, homogeneidad, color, sólidos solubles, pH y acidez, siendo la consistencia el factor más importante a nivel reológico del producto (Zhang *et al.*, 2014).

El agua agregada al producto disminuye la consistencia del producto, ya que de utilizarse una pasta sin diluir, se obtendría un producto mucho más espeso y sin la consistencia de una salsa utilizada para condimentar los alimentos. En cuanto al almidón, el mismo es un carbohidrato utilizado como agente gelificante para obtener la consistencia deseada en el producto. Para elegir el almidón correcto en la industria, se debe tomar en cuenta las ramificaciones del mismo, la temperatura de gelificación, si las características cambian con el enfriamiento o si sufre de alguna ruptura con la aplicación de temperatura o presión, debido a que las características del proceso, como bombeo o cocción pueden alterar o causar rupturas en el gel, por lo que regularmente se utilizan almidones modificados y no nativos para obtener tales características (Juszczak, *et al.*, 2013).

El ácido es uno de los ingredientes más importantes en términos de calidad de una salsa ya que, para asegurar que el producto sea inocuo, se utiliza la acidificación como método de barrera contra algunos microorganismos patógenos (CFR, 2017). Los ácidos que se pueden reconocer en una salsa de tomate tipo Kétchup son el ácido glutámico, ácido cítrico, ácido málico y ácido acético, donde los ácidos glutámico, cítrico y málico son ácidos orgánicos característicos del tomate

(Lehkziová *et al.*, 2009), mientras que el ácido acético es añadido para ajustar la acidez del producto.

La sal es utilizada en el producto con el objetivo de dar sabor al alimento, estabilizar mediante la captación de agua y como preservante del alimento, como consecuencia de la reducción del aw. Esto genera que, al tener un mayor porcentaje de sal en el producto, se tendrá menor posibilidad de presencia de microorganismos en el mismo, por lo que funciona como un buen método de conservación (CDC, 2012a).

Por último, se encuentran las especias, las cuales imparten sabor y aroma al producto. Las mismas deben cumplir con los parámetros microbiológicos, químicos y físicos adecuados para que no aporten un riesgo en el producto (Zhang *et al.*, 2014).

3.4. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial es la ciencia que estudia las reacciones de la población con respecto a los productos mediante los sentidos, donde los mismos se miden, analizan e interpretan de acuerdo a las variables realizadas en cada estudio. Entre los estudios que se realizan generalmente, se encuentran las pruebas de diferenciación, el grado de diferencia y el agrado en el producto. Para poder extrapolar los datos a la población, se deben realizar muestras significativas para tener resultados confiables. Además, se debe tomar en cuenta como 4 variables indispensables las personas, el método a utilizar, el plan de estudio y análisis de los resultados y el lugar, junto con los servicios del mismo, para el estudio (Stone, 2018).

Las pruebas de diferenciación se realizan para evaluar si es posible distinguir diferencias difíciles de determinar en muestras diferentes, por medio de análisis sensorial, es decir; la magnitud de la diferencia percibida entre dos estímulos confundibles. Estas pruebas son importantes para determinar si ha ocurrido un cambio perceptible en las características de algún alimento, o si se nota alguna diferencia en el mismo tras una etapa de modificaciones, entre otros aspectos. Se

puede determinar, además de la existencia de una diferencia, la magnitud de esta. Una de las maneras de estimar la magnitud de una diferencia es por medio de un término conocido como “d prima” (d'), el cual mide la diferencia entre dos estímulos, donde los mismos son difíciles de diferenciar, debido a la relación de la señal y el ruido que pueden causar diferentes factores internos o externos del producto; se dice que es una medición básica porque independientemente del método empleado el resultado es el mismo en las pruebas de diferenciación (Angulo & O'Mahony, 2009).

En la prueba de comparación pareada, por su parte, los jueces indican cuál de las dos muestras tiene la mayor intensidad respecto a una característica específica, en este caso se selecciona la muestra según la dirección que se les brinda. Las muestras se pueden presentar varias veces, pero en un orden específico, balanceado y aleatorizado tomando en cuenta la codificación correcta. Como objetivos puede tener la identificación de diferencias sobre alguna característica, evaluación de preferencias, mejorar la formulación de un producto, entre otros (Ishii *et al.*, 2013).

Los umbrales sensoriales permiten medir la sensibilidad de la población al estímulo en estudio, tomando en cuenta que la respuesta va a verse afectada por la población analizada y la sensibilidad de la misma. A pesar de esto, los analistas han determinado ciertas limitaciones de las pruebas tal y como se utilizan, debido a los cambios psicofísicos que se presentan en los individuos de una población y en la renovación de receptores que se realiza diariamente, por lo que al cambiar los receptores no se mantiene constante el umbral, en la mayoría de los casos. A pesar de esto, se han realizado estudios para mejorar los métodos clásicos de determinación de umbrales, añadiendo modelos que generen que el umbral sea una distribución normal (Bi & Ennis, 1998).

El umbral absoluto, o umbral de diferencia, permite detectar los límites de percepción, donde se reconoce el nivel de estímulo más bajo perceptible, generando una sensación asociada. Además de esto, el umbral de reconocimiento permite la identificación y reconocimiento del estímulo en sí. En el umbral de

diferencia se percibe cual es la diferencia mínima para notar un aumento o una disminución en el estímulo, con su sensación asociada. Por último, el umbral terminal permite determinar la magnitud del estímulo en el que no se da un aumento en la sensación provocada por el estímulo, y en ocasiones se percibe dolor en cambio (Meilgaard *et al.*, 2006).

Diferentes métodos son utilizados para analizar los umbrales anteriormente mencionados. Para determinar el umbral de detección, se utiliza el método de límites ascendentes, el cual se realiza utilizando concentraciones muy bajas y más altas, aumentando o disminuyendo esta concentración del estímulo en estudio en un factor constante. Este método tiene como objetivo encontrar la mínima concentración del estímulo donde el 50% de la población la detecta, utilizando la media geométrica de los estimados del umbral (Lawless & Heymann, 2010). El método de estímulo constante permite determinar la diferencia apenas perceptible (DAP) y el punto de igualdad subjetiva (PIS). En el caso del umbral de diferencia, se utiliza la DAP, el cual permite aumentar o disminuir en cantidades muy pequeñas la concentración del estímulo, con respecto al estándar, determinando en qué punto se puede percibir la diferencia (Meilgaard *et al.*, 2006). En el caso del PIS, permite identificar la concentración del estímulo con su sensación asociada, que tiene mayor similitud al estándar, lo que permite generar cambios de formulación en productos que quieren asemejar su composición a la original (Lawless & Heymann, 2010).

Además de los métodos anteriormente mencionados, en las pruebas de determinación de umbrales se utilizan pruebas de discriminación. Esto ocurre debido a que se desea eliminar la respuesta sesgada que se puede provocar al ser un estímulo confuso, por lo que se añade la escogencia forzada con pruebas de triángulo, 2 AFC, entre otras, para reducir este error (Bi & Ennis, 1998).

Las pruebas de consumidores miden el comportamiento de estos hacia un producto buscando la aceptación (consumo con placer), preferencia y/o agrado de este en el mercado. Según la prueba a realizar, en todos los casos, el sentimiento personal de un panelista por el producto dirige su respuesta, donde la respuesta hedónica hacia un producto es la variable más estudiada, ya que evalúa la respuesta del

consumidor hacia un producto por medio de los sentidos, así como el efecto cognitivo y afectivo que los estímulos sensoriales pueden tener en el individuo estudiado (González *et al.*, 2014).

Se debe tomar en cuenta los objetivos del análisis, ya que este aspecto guía y condiciona la selección y muestreo del consumidor, lugar de prueba, forma de presentación, tipos de prueba y los atributos a evaluar, entre otras características aplicables a la investigación. Se realizan por un grupo representativo de consumidores del producto que se evalúa, donde el muestreo debe ser aleatorio en cuanto a la selección de los individuos y representativo estadísticamente. Se debe tomar en cuenta cual va a ser el requerimiento de confiabilidad de los resultados de la muestra, la precisión que se desea y la varianza, ya que el tipo de consumidor empleado (género, edades y otros) y la variación de la respuesta hedónica va a ser diferente dependiendo de estas características (Ramírez, 2012).

En este sentido, se evalúan las muestras de manera global analizando cuanto se aleja del producto ideal en diferentes aspectos que se seleccionen y sean del interés en el panel. Los estímulos se evalúan con preguntas o escalas, donde las preguntas pueden ser abiertas (el consumidor expresa libremente su opinión con la ventaja de que suelen dar más información, pero su análisis es más complejo) o cerradas (solamente se puede escoger una respuesta o se evalúa a través de una escala). Generalmente se utilizan las preguntas cerradas, ya que el resultado obtenido de panel permite el uso de estadística paramétrica para su posterior análisis. (González *et al.*, 2014; Ramírez, 2012).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LOCALIZACIÓN

Los análisis experimentales se realizaron en los Laboratorios de Química, Microbiología y Análisis Sensorial del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) y de la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), ubicados en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica en San Pedro de Montes de Oca. La producción de las salsas se llevó a cabo en la planta piloto del CITA.

4.2. MATERIAS PRIMAS

Las materias primas que se utilizaron en este proyecto son de carácter común en la producción de salsas de tomate tipo Kétchup. Para el establecimiento de las mismas, se estudiaron las salsas disponibles en el mercado en la actualidad y se definieron como ingredientes pasta de tomate, sal, especias, vinagre, azúcar y almidón. La materia prima base correspondió a pasta o concentrado de tomate comercialmente estéril, la cual no tenía sal añadida en su formulación. Todas las materias primas fueron adquiridas en supermercados nacionales o proveedores de la industria de alimentos.

4.3. CARACTERIZACIÓN DE SALSAS COMERCIALES Y FORMULACIÓN DE SALSA MODELO

4.3.1. SELECCIÓN DE LOS INGREDIENTES PARA LA FORMULACIÓN BASE

Con el propósito de realizar un estudio representativo del mercado costarricense y la situación actual del mismo, para la categoría de salsas de tomate tipo Kétchup, se realizó un sondeo en los 13 supermercados considerados como más relevantes y con mayor presencia a nivel nacional, específicamente en el Gran Área Metropolitana. Para esto, se incluyeron los supermercados Automercado, Walmart, Más por Menos, Palí, Mega Super, Perimercados, Maxi Palí, Muñoz y Nanne, Supermercados Super Fácil, Pricesmart, Vindi, AmPm y Fresh Market. El periodo del sondeo se efectuó del 22 de junio al 30 de julio del 2017, por lo que se excluyen

las salsas que salgan al mercado posterior a la realización del sondeo, así como los supermercados que no se mencionaron anteriormente. Cabe destacar que, para definir los productos a estudiar, se utilizó como referencia la definición de salsas de tomate tipo Kétchup indicada en el Título 21, Capítulo I, Subcapítulo B, Sección 155.194 del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos (CFR, 2017), ya que a pesar de que existen diferentes normas y reglamentos en distintos países, la descripción y definición de estos productos no han sido incluidas aún como un apartado del *Codex Alimentarius*.

Se realizó un hallazgo de un total de 16 salsas de tomate tipo Kétchup distintas, de las cuales se procedió a realizar una caracterización que comprendió el país de producción, tipo de empaque, ingredientes y contenido de sodio en cada producto. Con dicha información, se realizó un análisis de frecuencia para establecer cuáles características son las predominantes en este tipo de productos, información que se utilizó para desarrollar posteriormente la formulación base modelo.

4.3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SALSAS COMERCIALES

La totalidad de salsas obtenidas en el mercado se caracterizaron fisicoquímicamente, analizando 3 lotes distintos de cada salsa, según la fecha, hora y lote de producción reportado en la etiqueta de cada producto. Las determinaciones realizadas corresponden a pH, actividad de agua (*aw*), sólidos solubles (°Brix), viscosidad, color y contenido de sodio. La determinación de pH se realizó mediante el procedimiento “AOAC 981.12” (AOAC, 2016), el cual indica esperar a que se equilibre la temperatura de la muestra con el ambiente, para luego realizar la medición. Los sólidos solubles (°Brix) se cuantificaron con refractómetro mediante los procedimientos “AOAC 932.12” y “AOAC 932.14” (AOAC, 2016). Además, se tomó la temperatura dada por el equipo para realizar la corrección del valor dado sumando o restando el valor referenciado en los métodos anteriormente mencionados. Se debe incluir la corrección de la acidez, siendo esta medida por métodos potenciométricos, según el procedimiento “AOAC 942.15” (AOAC, 2016), y corrigiendo el valor obtenido por la corrección de temperatura, mediante la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{Brix} = (^{\circ}\text{Brix} + 0,012) + \{0,019 T(^{\circ}\text{C}) \times [(\text{Acidez} - 0,0004) \times (\text{Acidez})^2]\}$$

Ecuación 1. Corrección de los $^{\circ}\text{Brix}$ mediante la temperatura y la acidez.

La determinación de color según la escala Hunter Lab (parámetros L^* , C^* y h°), con iluminación D65 y 10° de inclinación, se realizó mediante el procedimiento descrito por Schana (2007), posterior a la calibración con los patrones blanco, negro y verde. Además, se realizó la determinación de la consistencia de las salsas utilizando un consistómetro de Bostwick y mediante el procedimiento descrito en el Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos (CFR, 2017). Cabe destacar que para clasificar una salsa de tomate tipo Ketchup según su consistencia, la misma no debe avanzar más de 14 centímetros en 30 segundos a $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (CFR, 2017).

Finalmente, se realizó la determinación de sodio por emisión atómica mediante disoluciones con las cenizas de las muestras, que contenían ácido clorhídrico y cloruro de cesio, con sus respectivas diluciones y según descritas en el procedimiento “AOAC 987.02” (AOAC, 2016). En el caso de la actividad de agua (aw), se utilizó el medidor de aw AquaLab 4TE, calibrado con carbón activado y cloruro de sodio esperando 5 mediciones de cada muestra para obtener una muestra significativa del producto, seguido en el procedimiento “AOAC 978.18” (AOAC, 2016). Cabe destacar que la determinación de sodio fue realizada para establecer la línea base de la formulación modelo y, a partir de este contenido, determinar el porcentaje de reducción o sustitución a evaluar en el presente estudio. Los datos obtenidos de pH, aw , $^{\circ}\text{Brix}$, color y viscosidad, permitieron por su parte orientar el desarrollo de una salsa modelo representativa de las salsas de tomate tipo Ketchup disponibles en el mercado costarricense actual.

4.3.3. FORMULACIÓN DE LA SALSA MODELO

Para el desarrollo de la formulación base de la salsa de tomate tipo Ketchup, con características similares a las presentes en el mercado, se utilizaron los ingredientes mencionados en el apartado 4.3.2. y siguiendo el diagrama de flujo detallado en la figura 1.

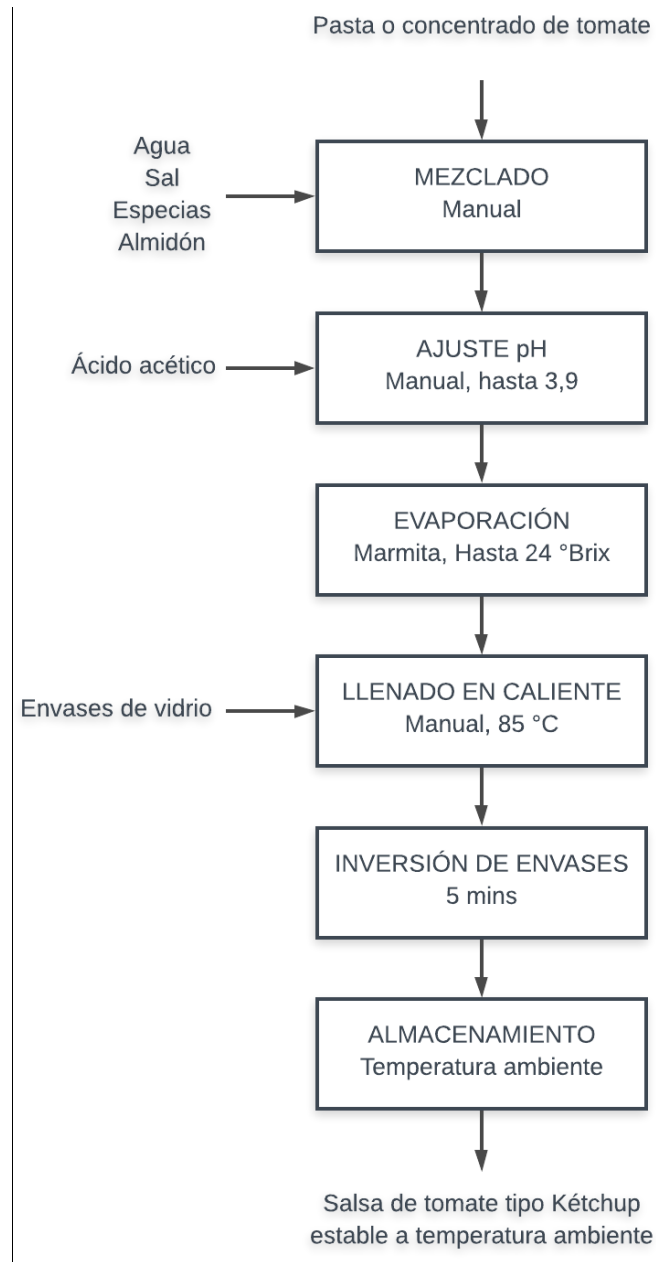


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de las salsas modelo de tomate tipo Ketchup.

La concentración de NaCl que se utilizó como punto de partida para hacer la reducción en la formulación original fue entre 600-500 mg sodio/100 g producto, debido a que como se muestra en la figura 1, la mayoría de los datos obtenidos de las salsas comerciales analizadas se encuentran en este rango, con un valor central de 565,02 mg sodio/100 g producto. Para asegurar la inocuidad y calidad

microbiológica de las salsas (esterilidad comercial), se realizó un llenado en caliente de acuerdo con el pH obtenido de la salsa modelo y su correspondiente temperatura de llenado según lo establecido por Pflug (1998). Para esto, se realizó un mezclado de los ingredientes, un ajuste en el pH con ácido acético de 3,9 o menor y el posterior llenado en caliente a 85 °C en botellas de vidrio previamente lavadas. Luego del llenado, se colocó la tapa y se realizó una inversión inmediata de la botella durante 5 minutos, para esterilizar el espacio de cabeza y la tapa. Por último, se colocaron las botellas en su posición original y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su uso. El ajuste de los 24 °Brix de la salsa se realizó por medio de cocción hasta que la salsa presentó un contenido de sólidos solubles dentro del rango de las salsas comerciales analizadas, donde junto con el espesante utilizado van a dar la consistencia final en el producto suficiente para encontrarse dentro de los parámetros dados por el CFR. Es importante mencionar que el pH de la salsa modelo (3,9) se seleccionó considerando que, de las salsas producidas a nivel nacional analizadas en el sondeo, la mayoría muestra un valor de pH entre 3,8 y 4,1 (figura 6) por lo que estos datos sugieren que ese nivel de acidez es reconocido como aceptable por los consumidores costarricenses. Además, para tomar en cuenta cuales especias se utilizaron, se determinó las más reportadas en los productos existentes en el mercado, parte del estudio. La formulación de la salsa desarrollada se describe en el Cuadro I.

Cuadro I. Formulación de la salsa de tomate tipo Kétchup modelo.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Agua	67,7
Concentrado de tomate	16,3
Azúcar	6,1
Vinagre	4,9
Espesante	3,0
Sal	1,8
Especias (cebolla y ajo)	0,2

Para confirmar la ausencia de microorganismos en la salsa, previo a la ejecución de evaluaciones sensoriales, se aplicó una prueba de esterilidad comercial a 3 muestras independientes de producto utilizando la metodología descrita por el FDA (1998). Esta se realizó mediante la incubación de dos muestras a 35 °C y 55 °C durante 9 días, para posteriormente tomar 1-2 mL de la salsa en 2 tubos de caldo ácido, 2 tubos de caldo dextrosa triptona (DTB) y 2 tubos de caldo de carne picada pre reducido, realizando incubación posterior de un tubo de cada medio a 35 °C y 55 °C durante 5 días. Al concluir esta incubación se reportó la presencia o ausencia de crecimiento microbiológico evidenciada por un aumento en la turbidez del medio de cultivo.

4.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas se analizaron bajo 2 métodos. En el caso de pH, contenido de sodio, aw, sólidos solubles, viscosidad y color, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de 1 vía, en conjunto con una prueba de comparación de medias de Tukey para determinar si existen diferencias significativas entre cada una de las salsas analizadas para cada una de las características anteriormente mencionadas. Para realizar la comparación del contenido de sodio experimental con respecto al contenido de sodio reportado en la etiqueta, se determinó si el valor reportado en la etiqueta se encuentra dentro de los intervalos de confianza del valor experimental obtenido.

Ambos análisis estadísticos se realizaron en el programa JMP ® Pro 11, con un nivel de significancia de un 5%, por lo que se consideró que si la probabilidad es menor a 0,05, existen diferencias significativas. En los casos en que se obtuvieron diferencias entre las repeticiones de una misma muestra, se atribuyó a la variabilidad en la producción de la salsa comercial y en los casos que no se obtuvieron diferencias entre las repeticiones de una misma muestra, se determinó que el proceso era estándar, todo esto determinado mediante la variabilidad de la desviación estándar de las repeticiones. Además, en los casos en que existieron diferencias significativas entre las diferentes salsas, se justifica el resultado por la procedencia del producto (salsa importada o de producción local) y por la diferencia

en la producción de los mismos. Por último, el cálculo de la potencia de la prueba $(1-\beta)$ se indicó al obtener diferencias no significativas, mediante la siguiente fórmula, determinando la certeza del valor obtenido anteriormente, al calcular la probabilidad de los valores incluidos, donde Y_0 es el valor crítico, Y es el promedio obtenido y μ es el valor de la media verdadera.

$$Potencia (1 - \beta) = P\left(\frac{\bar{Y} > \bar{Y}_0}{\mu = \mu_1}\right)$$

Ecuación 2. Cálculo de la potencia de la prueba $(1 - \beta)$.

4.4. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA EN LA SALSA DE TOMATE TIPO KÉTCHUP

4.4.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se colocó en recipientes pequeños grado alimentario, 30 mL de salsa de tomate tipo Kétchup, manteniendo la misma cantidad de salsa en los mismos, con chips de tortillas tostadas sin contenido de sal presente. Se realizó balanceo y aleatorización de las muestras, para disminuir el error asociado con el orden de presentación, en cabinas independientes, con la utilización de luz blanca para todos los casos. Se utilizó un número de 3 dígitos único asignado aleatoriamente para cada una de las muestras.

4.4.2. PREPARACIÓN DE LAS CABINAS

Cada uno de los panelistas tenía su propio cubículo separado, con luz, paredes y superficies blancas, asientos cómodos y altura apropiada. Además, el laboratorio presentaba ventilación adecuada, para evitar la acumulación de olores que podrían influir en los resultados. Las muestras se prepararon y empacaron aplicando las Buenas Prácticas de Manufactura y las salsas se mantuvieron en refrigeración, con una previa temperación a la temperatura del laboratorio, hasta el momento del panel.

4.4.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODIO EN LOS ESTÍMULOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DAP

Se utilizó el método del estímulo constante según Lawless & Heymann (2010), con la formulación base descrita en el apartado 4.3.3. como estímulo constante. Además, para la determinación de los extremos superior e inferior al estímulo constante, se realizó una prueba preliminar con un grupo de 5 personas. Para esto, se realizaron variaciones de la concentración de sal en las salsas de tomate tipo Kétchup, las cuales se procesaron de la misma forma que la salsa modelo, y se le presentaron a cada uno de los 5 panelistas siguiendo el protocolo de preparación mostrado en los apartados 4.4.1. y 4.4.2. La prueba mencionada se utilizó para determinar que los consumidores tuvieran la capacidad de diferenciar con facilidad el sabor salado en sus extremos, o sea a concentraciones mucho menor y mayor al estímulo constante.

Se les presentó a las personas las muestras en pares, donde una muestra es el estímulo constante y la otra una muestra con poca sal, y en otro par una muestra con mucha sal y el estímulo constante. Se esperaba que se lograra distinguir la diferencia entre el estímulo constante y la concentración baja y alta de sal, para que estas concentraciones representaran los extremos de la curva psicofísica.

La selección de las concentraciones de los estímulos variables, o sea varias concentraciones mayores y menores al estímulo constante, se realizó según el cálculo, partiendo de la concentración más baja escogida en la prueba con 5 personas y realizando un incremento en una relación semilogarítmica con un factor suficiente para obtener 6 puntos en la curva (cuadro II), hasta lograr la concentración del estímulo mayor, obteniendo así la curva psicofísica en su totalidad.

Cuadro II. Porcentaje de sal para determinación de la DAP con la prueba de umbrales.

Posición	Porcentaje de sal (%)
1	0,13
2	0,26
3	0,52
4	1,04
5	2,08
6	4,16

Posterior a la determinación de los estímulos presentes en la curva psicofísica, se utilizó el método de estímulo constante para la determinar el umbral de diferencia para el sabor salado en las salsas de tomate. Para ello, las muestras fueron preparadas según los apartados 4.4.1 y 4.4.2, y se realizó un panel, de 40 panelistas no entrenados, tomando en cuenta para la escogencia del número de panelistas un $d' = 1$, un $\alpha = 0,05$ y una potencia de 0,95, según las tablas de Ennis (2014). Cabe destacar que los panelistas no entrenados son consumidores habituales de salsas de tomate tipo Kétchup.

Cada uno de los panelistas realizó 6 pruebas de discriminación 2-AFC, una prueba por cada punto de la curva psicofísica, escogiendo la muestra más salada en cada par. Para esta prueba se colocó el estímulo constante junto a un punto de la curva psicofísica, determinada anteriormente, obteniendo una presentación de muestras con un total de 6 filas y 2 columnas, como se muestra en la figura 2.

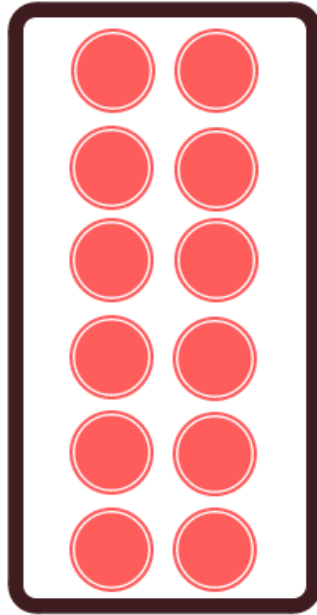


Figura 2. Muestra de bandeja para panelistas del estímulo constante y puntos de la curva psicofísica.

Para empezar la prueba y entre cada par de muestras, se utilizó un iniciador (*primer*) que corresponde al estímulo con la menor concentración de sal de la curva psicofísica y antes de continuar con el siguiente par, debían realizar un enjuague con agua desionizada para limpiar el restante de salsa presente en la boca. Además, se aplicó un tiempo de espera de 20 s. después de cada enjuague para no tener efectos de acarreamiento y adaptación al estímulo que produzca sesgo sobre los resultados, ya que la saliva generada en ese periodo elimina cualquier residuo. Esta espera permitió la restauración de la saliva en el paladar.

4.4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos, a partir de la utilización del método de estímulo constante, se graficaron para generar la curva psicofísica, con los valores de porcentaje de panelistas que escogieron la muestra diferente al estímulo constante como la más salada en el eje Y, y la concentración de sodio presente en la salsa escogida por el panelista correspondiente en el eje X. Posteriormente, se realizó la línea de mejor ajuste procurando obtener una recta.

Al obtener la recta de mejor ajuste, se interpolaron las concentraciones de sodio en los puntos de 87,5% y 62,5% del eje Y, ya que los mismos permiten identificar la concentración del estímulo con su sensación asociada, que tiene mayor similitud al estándar, lo que permite generar cambios en la formulación, asemejando la composición original (Lawless & Heymann, 2010). Para esto, se tomaron los valores anteriormente mencionados, ya que equivalen a un 25% del intervalo de incertidumbre superior e inferior del umbral absoluto, el cual se encuentra en el punto al 50%. En el caso de la prueba 2-AFC la probabilidad de escogencia al azar es del 50% por lo que el umbral absoluto será el 50% del ámbito restante que corresponde a un 75%. Esta diferencia entre ambas concentraciones se divide por un factor de 2, para la obtención del umbral de diferencia, siendo X_2 la concentración correspondiente a 87,5% y X_1 la concentración correspondiente a 62,5%, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$DAP = \frac{X_2 - X_1}{2}$$

Ecuación 3. Cálculo de la DAP.

Posterior a la obtención de la DAP, se tomó la concentración de sodio en la salsa de tomate tipo Kétchup y se le restó este valor, el cual equivale a la máxima reducción que se puede realizar donde el consumidor apenas percibe las diferencias. Además, para que el panelista no percibiera la diferencia se realizó un aumento en la concentración de 0,03% a la DAP, ya que si el valor se deja justo en el límite la sensibilidad de los panelistas podría influir debido a los cambios de percepción en el sabor salado. Además, se deseaba desarrollar una formulación de salsa cuya disminución en la concentración de sodio tuviera menos posibilidades de ser detectada por el panelista.

4.5. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN SALSAS DE TOMATE TIPO KÉTCHUP

4.5.1. PRUEBA DE DISCRIMINACIÓN (2-AFC)

Para la validación de los resultados obtenidos en los umbrales de diferencia se realizó una prueba de discriminación 2-AFC, donde las muestras se prepararon siguiendo la metodología detallada en los apartados 4.4.1 y 4.4.2. Cada uno de los paneles realizados debía contar con al menos 40 panelistas no entrenados, tomando en cuenta un $d' = 1$, un $\alpha = 0,05$ y una potencia de 0,95, según las tablas de Ennis (2014), los cuales eran consumidores habituales de salsas de tomate tipo Kétchup. Para esto, se realizó la evaluación de la salsa modelo con un contenido de sodio sin reducir (salsa modelo) junto a la salsa con la reducción determinada según los umbrales obtenidos en la sección 4.4.

4.5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A los resultados obtenidos en la prueba de discriminación 2-AFC se les aplicó un análisis binomial de una cola, utilizando la probabilidad elegida anteriormente de $\alpha = 0,05$, para determinar si los resultados generan una diferencia significativa entre los pares de salsas presentados, y se calculó el d' utilizando las tablas de Ennis *et al.* (2014).

4.5.3. PRUEBA DE AGRADO POR PARTE DE CONSUMIDORES

Al encontrar diferencias significativas en la sección 4.5.1. se hizo una prueba de agrado con 112 panelistas no entrenados (Hough *et al.*, 2006), consumidores habituales de salsa de tomate tipo Kétchup, quienes evaluaron cuánto les gusta la versión regular y la reducida en sodio de las salsas desarrolladas. Se utilizaron las salsas Heinz y Alfaro, debido a que son los extremos de sal en el estudio realizado, esto como control para reducir el efecto del sesgo y el uso de una escala lineal híbrida, para la utilización de los puntos intermedios de la escala, reducir el error de habituación, el error de contexto y para el uso de estadística paramétrica y no paramétrica en el análisis de datos (Villanueva *et al.*, 2005).

4.5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A los resultados obtenidos en la prueba de agrado se les aplicó un estudio de conglomerados, mediante el muestreo por conglomerados, para determinar la diferencia en los grupos que utilizan la escala de manera diferente. De acuerdo a los conglomerados obtenidos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de 1 vía, en conjunto con una prueba de comparación de medias de Fisher-LSD, para determinar si existen diferencias significativas entre la salsa regular y la reducida. El análisis estadístico se realizó en el programa JMP ® Pro 11, con un nivel de significancia de un 5%, por lo que se consideró que si la probabilidad es menor a 0,05, existen diferencias significativas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN DE SALSAS COMERCIALES Y SALSA MODELO

Como parte de la investigación de las 16 salsas comerciales, se estableció los ingredientes predominantes en las salsas de tomate tipo Ketchup. El sondeo realizado permitió establecer que los ingredientes presentes en más del 80% de las salsas comerciales muestreadas corresponden a: concentrado o pasta de tomate, sal, especias, vinagre y azúcar (figura 3). Además, para la formulación base se decidió incorporar almidón (el cuál se reportó en un porcentaje de 62% de las muestras analizadas), dado que este ingrediente es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y podría contribuir con la textura de la salsa favoreciendo así la aceptación de una versión reducida en sodio.

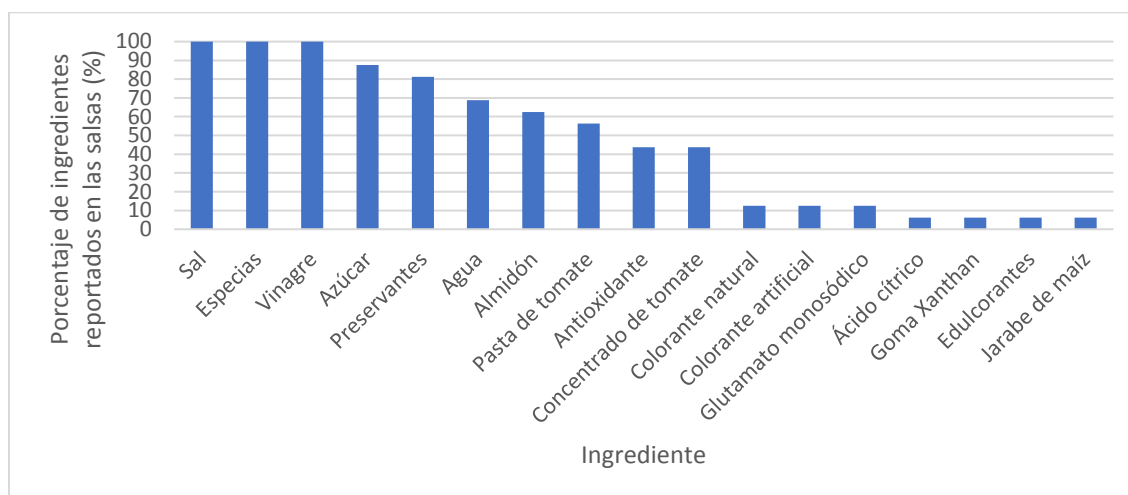


Figura 3. Porcentaje de reporte de los ingredientes presentes en 16 salsas de tomate tipo Ketchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017.

Además del análisis de los ingredientes, se caracterizó el lugar de origen del producto, ya que las características podrían cambiar dependiendo de la materia prima procedente y del mercado meta del producto, generando cambios representativos en cada formulación. Nótese en la figura 4 que la mayoría (69%) de las salsas analizadas son de origen nacional. Asimismo, se determinó que el

empaques de mayor utilización en el mercado durante el periodo de estudio era el envase flexible tipo *Doypack* con capacidad menor a los 1000 mL (figura 5).

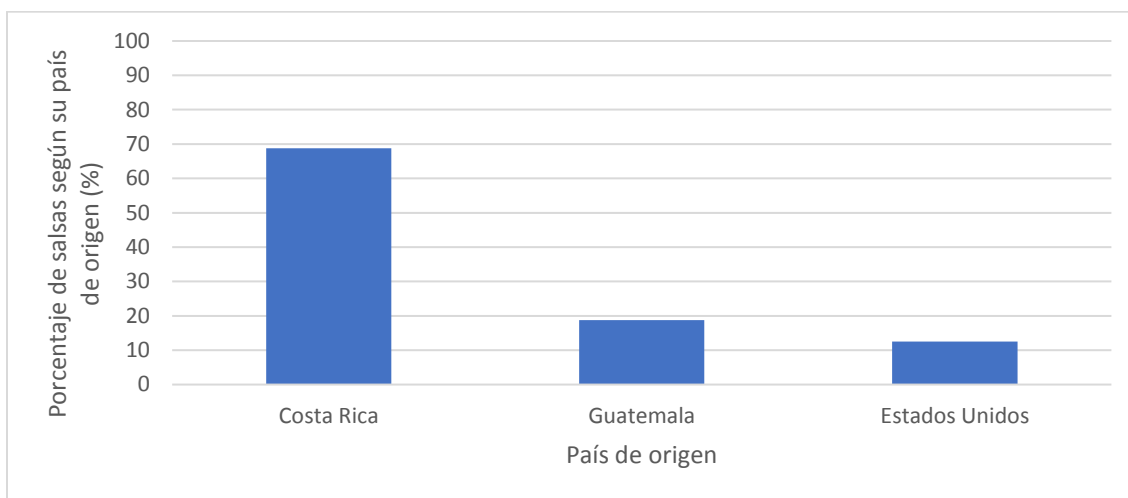


Figura 4. Porcentaje de salsas de tomate tipo Kétchup, según su país de producción, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017.

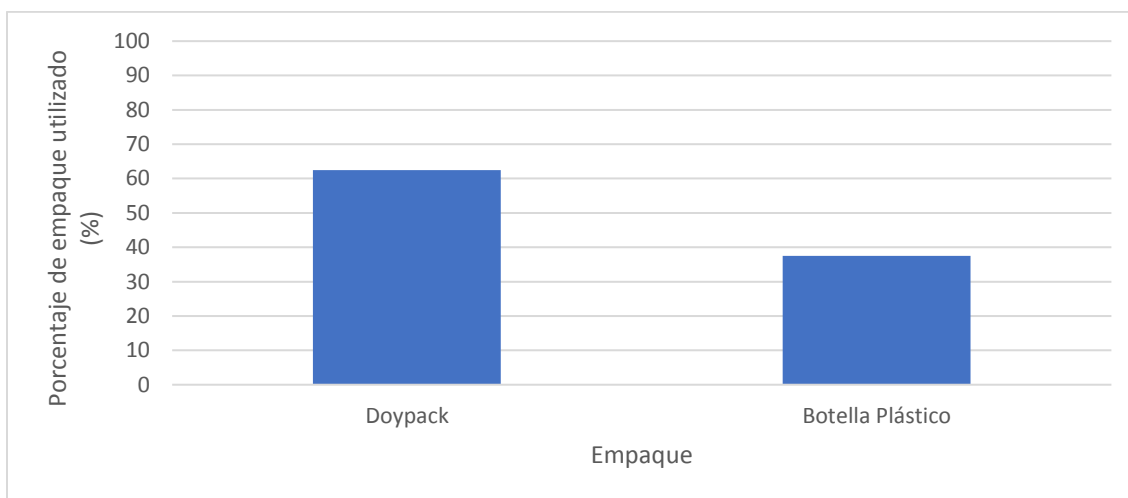


Figura 5. Porcentaje de cada uno de los tipos de empaques utilizados en 16 salsas de tomate tipo Kétchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017.

Al analizar algunas propiedades fisicoquímicas de las salsas y tal como se muestra, en la figura 6, en el caso del pH el rango ronda de 3,44 a 4,05 lo que demuestra un pequeño cambio obtenido principalmente por la materia prima y el ácido añadido al

producto, el cual es una materia prima básica en todas las salsas analizadas. Además, se muestra que los productos de origen extranjero tienden a presentar una mayor acidez que los productos locales, esto puede deberse a la obtención de materias primas o bien preferencias de los consumidores en otras regiones. En el caso de los sólidos solubles (figura 7), este se verá mayormente afectado por la cantidad de agua, sólidos añadidos y ácidos orgánicos presentes en el producto, como sucede en el caso de la salsa de tomate marca Delga-C, el cual es un producto reducido en azúcar y la salsa de la marca De La Villa del Norte, la cual presenta agua como primer ingrediente y almidón como cuarto, lo cual ayuda a dar la consistencia deseada. En el caso de la consistencia (figura 8), todos los productos cumplen con el estándar del CFR de salsa de tomate tipo Ketchup ya que las mismas no avanzaron más de 14 centímetros en 30 segundos a 20 ± 1 °C (CFR, 2017). Los cambios en a_w (figura 9) y el color (figura 10) van a resultar como consecuencia de los ingredientes y métodos aplicados al producto, los cuales son los causantes de las diferencias significativas en las salsas comerciales, a pesar de que las diferencias fueron muy pequeñas.

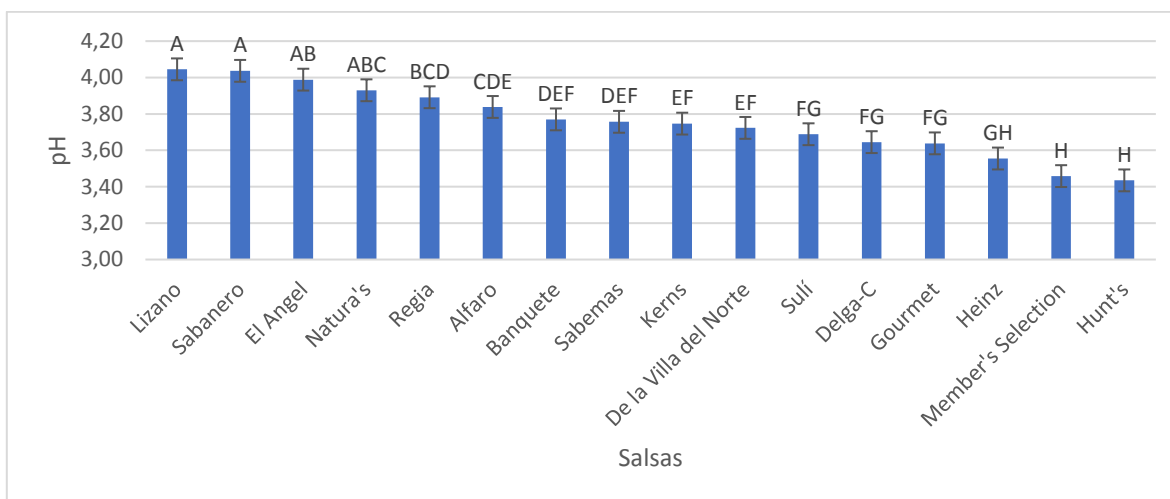


Figura 6. pH promedio de 16 salsas de tomate tipo Ketchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan el índice de confianza). Nota: las medias con letras distintas tienen una diferencia significativa, con $p \leq 0,05$.

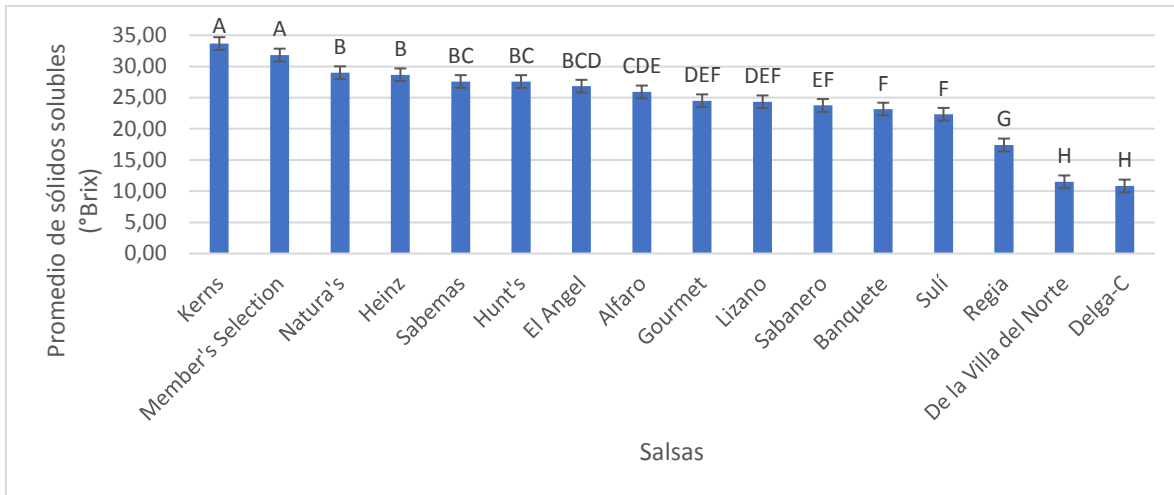


Figura 7. Promedio del contenido de sólidos solubles en 16 salsas de tomate tipo Kéetchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan el índice de confianza). Nota: las medias con letras distintas tienen una diferencia significativa, con $p \leq 0,05$.

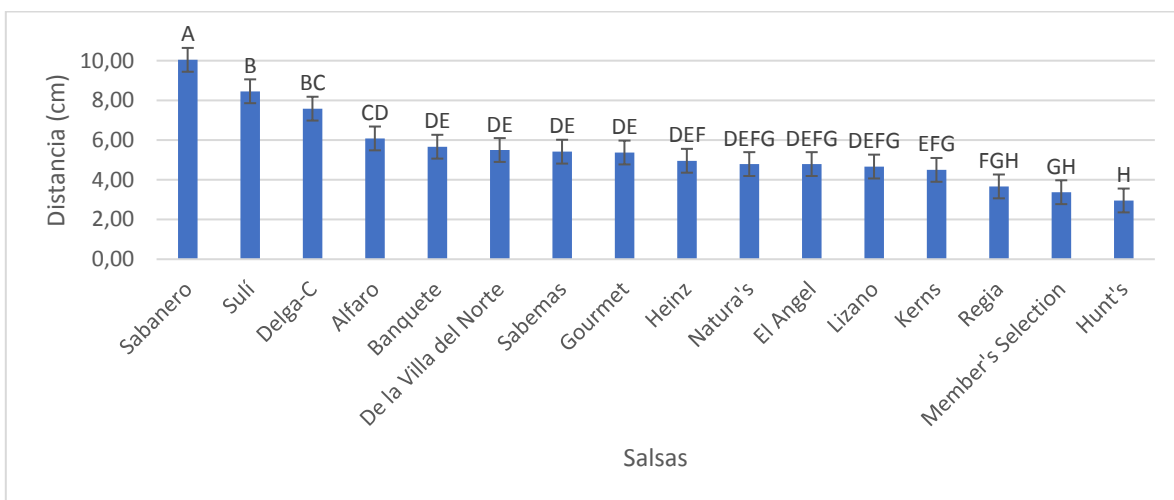


Figura 8. Distancia asociada con la consistencia medida con un consistómetro de Bostwick para 16 salsas de tomate tipo Kéetchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan el índice de confianza). Nota: las medias con letras distintas tienen una diferencia significativa, con $p \leq 0,05$.

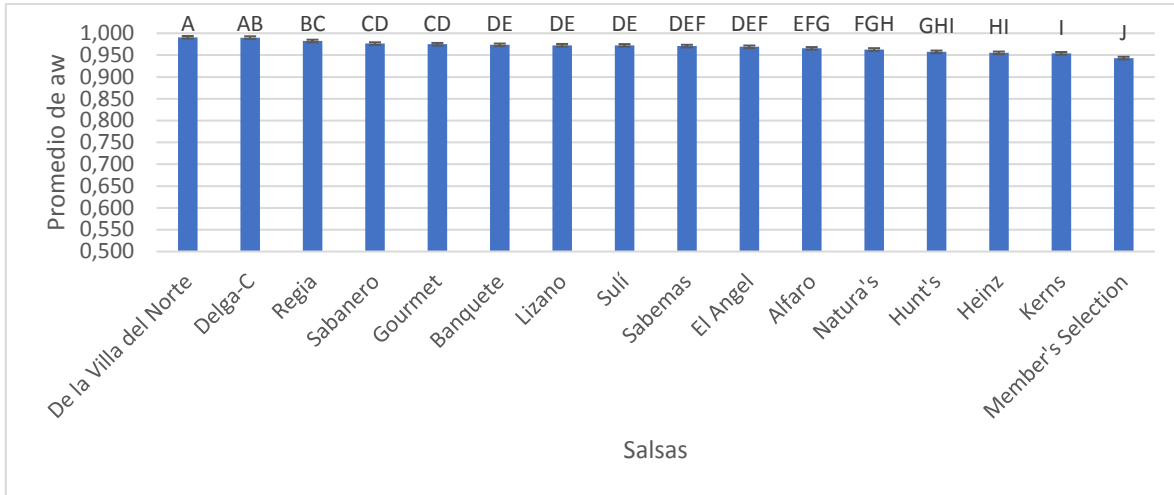


Figura 9. Promedio de actividad de agua de 16 salsas de tomate tipo Ketchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan el índice de confianza). Nota: las medias con letras distintas tienen una diferencia significativa, con $p \leq 0,05$.

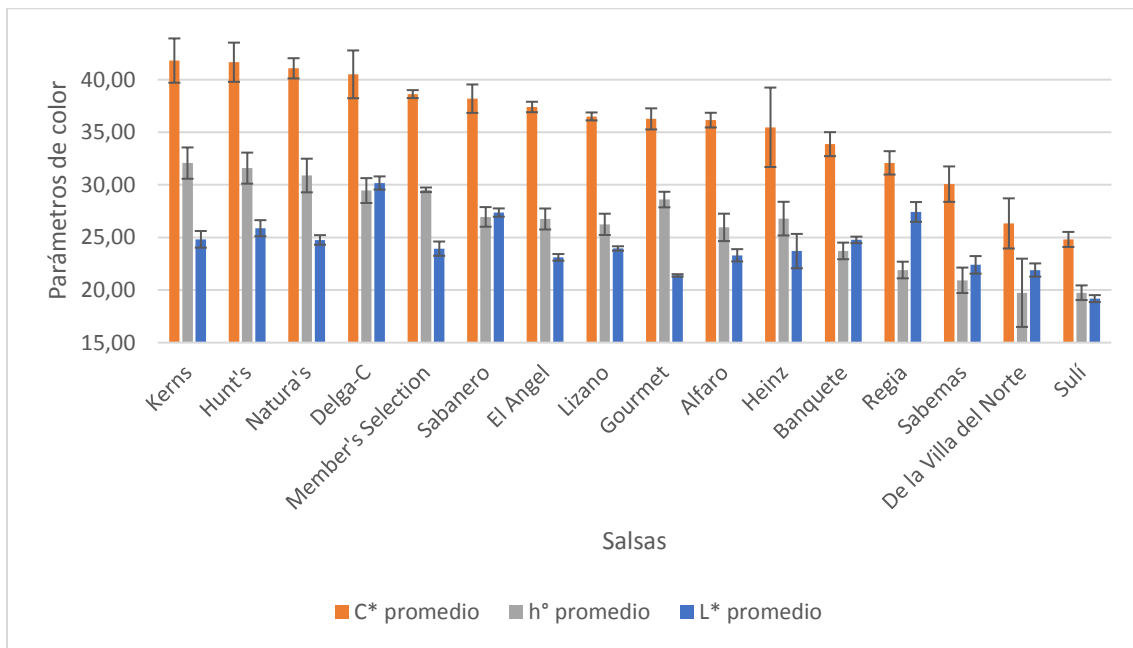


Figura 10. Parámetros promedio de color en 16 salsas de tomate tipo Ketchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan la desviación estándar).

Como se muestra en la figura 11, los resultados obtenidos indican que las salsas tienen 4 tendencias respecto al contenido promedio de sodio, esto con una comparación de medias de Tukey con un 5% del nivel de significancia de los datos experimentales.

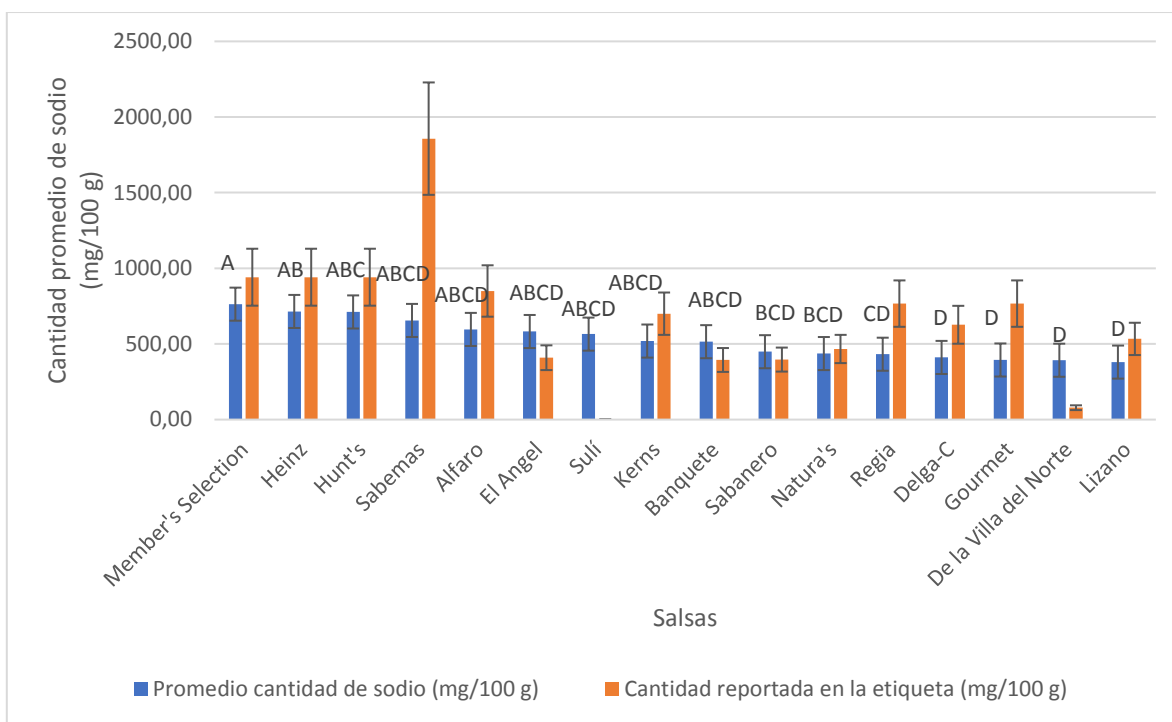


Figura 11. Promedio de la concentración de sodio en 16 salsas de tomate tipo Ketchup, presentes en los supermercados costarricenses durante el período de 22/06/2017 al 30/07/2017 (n=3, las barras de error representan el índice de confianza), siendo la barra azul el valor experimental y la barra anaranjada el valor teórico mostrado en la etiqueta nutricional. Nota: las medias con letras distintas tienen una diferencia significativa, con $p \leq 0,05$.

En este caso, la salsa Members Selection presenta diferencias significativas con las salsas Lizano, De La Villa del Norte, Gourmet, Delga-C, Regia, Naturas y Sabanero, la salsa Heinz presenta diferencias significativas con las salsas Lizano, De La Villa del Norte, Gourmet, Delga-C y Regia, y por último la salsa Hunts presente diferencias significativas con las salsas Lizano, De la Villa del Norte, Gourmet, Delga-C, en cambio el resto de los salsas no presentan diferencias significativas entre sí. Esto demuestra, que las salsas importadas de Estados Unidos (Members

Selection, Heinz y Hunts) presentan una diferencia significativa con un gran porcentaje de las salsas nacionales e importadas de Centroamérica, ya que las importadas de Estados Unidos presentan una mayor cantidad de sodio.

Además, como se muestra en la figura 11, las barras del valor experimental (barra azul) muestran el intervalo de confianza el cual está dado por la desviación de los valores tomados como muestra en el análisis del laboratorio, mientras que las barras del valor teórico reportado en la etiqueta (barra anaranjada) muestran la desviación de un +/- 20% del valor dado. Se coloca este valor, ya que según el RTCA 67.01.60:10, se permite un nivel de tolerancia en el etiquetado nutricional de este valor para macronutrientes y sodio, siendo la tolerancia aceptada en los métodos usualmente utilizados en el análisis de macronutrientes y sodio (RTCA, 2010).

Al realizar la comparación entre la barra teórica y experimental de cada salsa, si las mismas se traslapan significa que el valor se encuentra en el rango aceptado, como sucede en la mayoría de los casos exceptuando Sabemas, Regia, Gourmet, De la Villa del Norte y Sulí. En el caso de las primeras 3 mencionadas, el valor experimental es menor al valor reportado en la etiqueta, lo que podrían utilizar como insumo para una estrategia de mercadeo al poder disminuirse el valor reportado en etiqueta. En el caso De la Villa del Norte, este producto debe ajustar el valor al real (dato obtenido experimentalmente) para cumplir con la norma RTCA 67.01.60:10.

Es importante aclarar que las conclusiones realizadas en esta investigación son para muestras tomadas en 3 lotes diferentes para cada uno de los productos sin embargo no reflejan la totalidad del producto comercializado por cada una de las empresas y productos analizados.

Tomando esto en cuenta, la formulación de la salsa modelo (cuadro I), se ajusta a las características promedio planteadas anteriormente de las salsas presentes en el mercado nacional (cuadro III).

Cuadro III. Características fisicoquímicas de la salsa modelo.

Característica	Valor
pH	3,81
Sólidos solubles (°Brix)	24
Consistencia (cm)	9,5
Color	C = 35,05
	°h = 23,01
	L = 25,10
aw	0,9601
Concentración de sodio (mg/100 g)	697,92

5.2. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA EN LA SALSA DE TOMATE TIPO KÉTCHUP

Con los valores obtenidos en el “bench testing” mencionado en la parte 4.4.3, se graficó para cada concentración, el número de aciertos obtenidos por parte de los consumidores en el panel sensorial. Los valores obtenidos, mediante una regresión lineal en la figura 12, muestran la ecuación final obtenida para el producto en estudio.

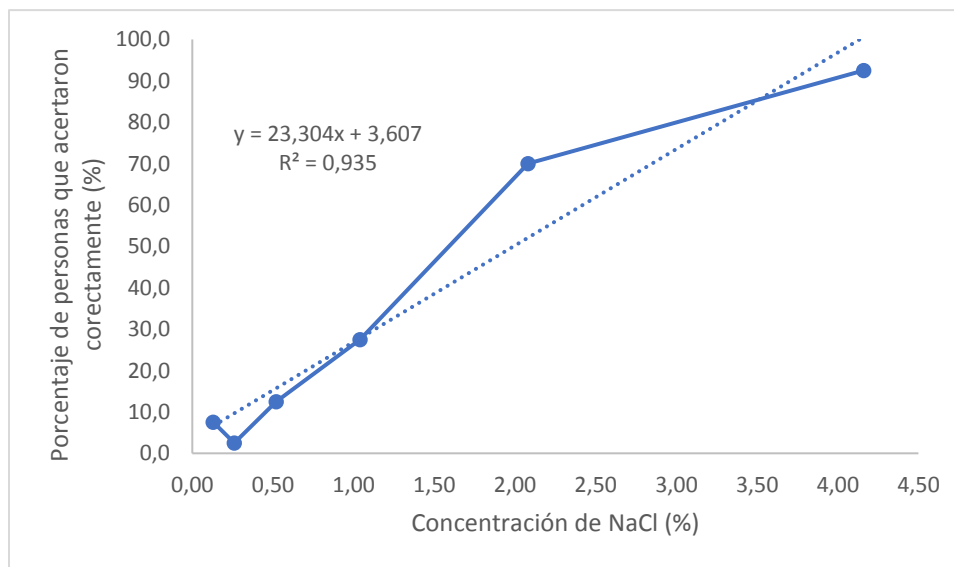


Figura 12. Determinación de la DAP mediante la prueba de umbrales.

Estos valores generaron una obtención de una DAP de 0,54% de sal, utilizando la fórmula indicada en la ecuación 3, por lo que el producto permitía una reducción de este porcentaje de sal sin notar diferencias en el estímulo provocado en el consumidor con respecto al prototipo original, tomando en cuenta que el mismo puede cambiar con el tiempo. Esto se debe al efecto de adaptación creado en el consumidor, específicamente en cloruro de sodio, por lo que se debe evaluar con el tiempo si el mismo se puede ajustar nuevamente para realizar una nueva reducción de sal en el producto (Lawless & Haymann, 2010).

5.3. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN SALSAS DE TOMATE TIPO KÉTCHUP

Al obtener la DAP de 0,54%, se realizó un aumento de 0,03% de sal, demostrado por Hernández (2017) que es suficiente para evitar que el consumidor se percate del cambio de sal, para un total de 0,51% de la DAP, equivalente a 28% de reducción de sal en el producto, donde esta medida se toma para asegurar que los consumidores no perciban diferencias al comparar la versión reducida en sodio contra el producto sin reducir, pero sin generar un aumento significativo en la concentración de sal. La salsa modelo reducida en sodio se ajustó a la formulación del cuadro IV y mantuvo las características fisicoquímicas mostradas en las salsas comerciales de la sección 5.1. (cuadro V). Por tanto, se confirmó experimentalmente que la reducción en sodio seleccionada no impacta de forma importante las características fisicoquímicas de la salsa de tomate.

Cuadro IV. Formulación de la salsa de tomate tipo Kétchup reducida.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Agua	68,1
Concentrado de tomate	16,3
Azúcar	6,1
Vinagre	4,9
Espesante	3,0
Sal	1,3
Espicias	0,3

Cuadro V. Características fisicoquímicas de la salsa reducida.

Característica	Valor
pH	3,85
Sólidos solubles (°Brix)	24
Consistencia (cm)	9,5
Color	C = 34,75
	°h = 22,11
	L = 24,01
aw	0,9597
Concentración de sodio (mg/100 g)	400,19

Con el valor de reducción, se determinó, mediante una prueba de 2-AFC con una probabilidad de 0,05, si los jueces notaban la diferencia entre la salsa reducida y la regular, la cual tiene la formulación mostrada en el cuadro I con la única diferencia en la reducción de sal. Se obtuvo que 27 jueces notaban la diferencia entre ambas salsas. Cabe destacar que 26 de 40 panelistas no entrenados, representa el número mínimo requerido para establecer que se encuentran diferencias significativas según Ennis, *et al.* (2014), con un valor de $d' = 0,64$.

Se debe tomar en cuenta que el umbral estimado se encuentra debajo del umbral estimado ($d' = 1$), aún así algunos panelistas pueden encontrar diferencias significativas, como sucedió en este caso, a pesar de ser un d' pequeño, que indicó que los dos productos eran muy similares entre sí (O' Mahony & Rousseau, 2003), a pesar de ser un d' pequeño que indicó que los 2 productos eran muy similares entre sí. Al encontrarse diferencias significativas entre la salsa modelo y la salsa reducida en sodio, se determinó que los panelistas podían diferenciar entre las salsas; por esto, se procedió a ejecutar una prueba de agrado, ya que resultaba importante determinar si a pesar de que existan diferencias significativas, la muestra reducida en sodio gustaba igual o más que la muestra sin reducir.

La prueba de agrado realizada generó 3 grupos de panelistas, los cuales agrupa a las personas que califican de manera similar las salsas. Se determinó un primer conglomerado de 51 panelistas, el segundo de 36 panelistas y el tercero de 25 personas y los resultados se muestran en la figura 13.

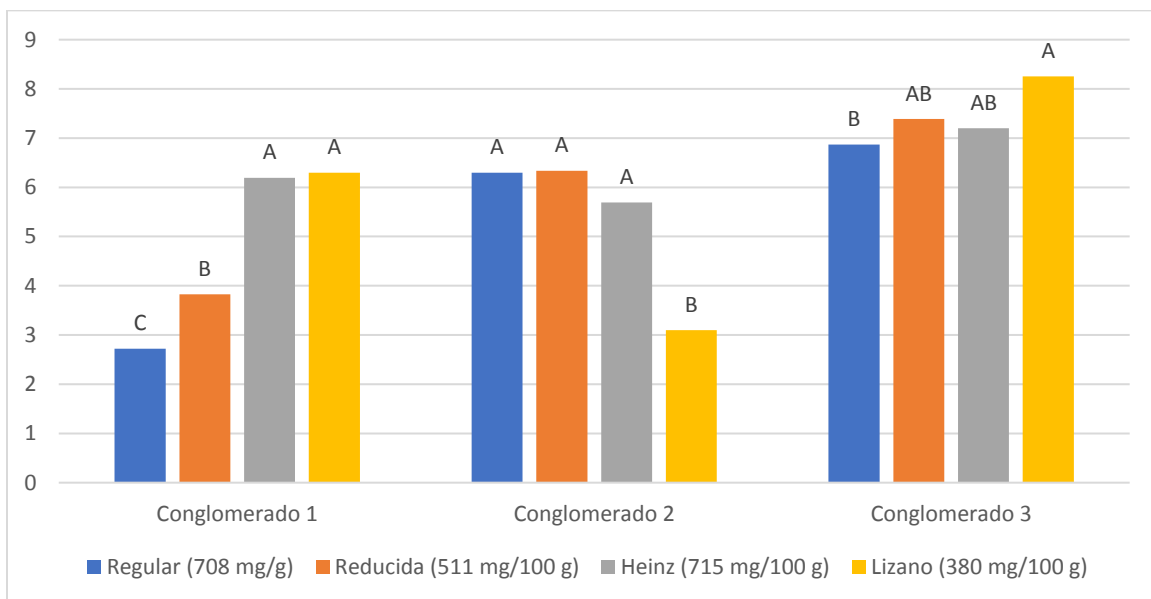


Figura 13. Agrado general de los panelistas de los 3 conglomerados para las salsas modelo, formulación reducida en sodio y las salsas comerciales Heinz y Lizano, los paréntesis indican su concentración de sodio promedio. Nota: Medias en un mismo conglomerado con letras distintas tienen una diferencia significativa, con $p \leq 0,05$.

Como se muestra, se obtuvieron 2 tendencias, las personas que califican las salsas con notas bajas (conglomerados 1 y 2) independientemente de la marca o formulación y las personas que califican las salsas con notas altas (conglomerado 3), esto debido al uso de la escala por el juez. Además, la diferencia entre el conglomerado 1 y 2 se da en el orden en el que calificaron las salsas, pero la escala usada por los participantes fue la misma. Para comparar el uso idiosincrático de la escala, las valoraciones de las muestras comerciales permitieron determinar cuánto podría influir el efecto del contenido de sal y la formulación en el agrado. En este caso, como se muestra en la figura 6, se debe hacer la aclaración que en el caso de la salsa marca Heinz, la formulación no contiene espesante y por el orden de los ingredientes, tiene mayor cantidad de pasta de tomate, por lo que las notas ácidas pueden afectar en el agrado general, ya que se puede determinar por el gusto de la acidez y no del efecto del salado, a pesar de ser la de mayor concentración de sodio.

La prueba Tukey muestra que la salsa reducida en sodio gusta más que la versión regular en el caso del conglomerado 1 y no se encuentran diferencias significativas, con un ligero promedio mayor, que la salsa regular en el caso de los conglomerados 2 y 3. Esto permite determinar que hay diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) en el agrado entre la salsa regular y la reducida en sodio, confirmando la validación de la reducción de sodio propuesta a nivel experimental.

La comparación con las salsas de tomate comerciales tipo Kétchup que contenían el máximo y mínimo porcentaje de sal obtenidos en este estudio, correspondientes a Heinz y Lizano respectivamente, se encontró que en el conglomerado 1, las salsas Heinz y Lizano presentaron una mayor calificación de agrado, mostrando diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con las salsas modelo sin reducir y reducida en sodio, por lo que ambas salsas comerciales, independientemente de la cantidad de sal, gustan más que las desarrolladas experimentalmente, por lo que se determina que este grupo no fue afectado por el sabor salado. En el caso del conglomerado 2 las salsas modelo sin reducir, la reducida en sodio y la salsa marca Heinz fueron las más gustadas, siendo la salsa marca Lizano la menos gustada, por lo que se determina que este grupo fue afectado por el contenido de sodio y esto determina

que un 32% de la población, representada en el conglomerado 2, tuvo preferencia por las salsas con mayor cantidad de sal. La reducción de sal lograda mediante el uso de la DAP logró mantener la aceptación de la salsa de tomate tipo Ketchup con un 28% menos de sal. Además, se debe tomar en cuenta que Lizano tiene un alto contenido de azúcar añadida, por lo que, al tener bajo contenido de sal, no se balancean los sabores, como si sucede en el caso de Heinz. El grado de reducción encontrado mediante la técnica de la DAP permitió una reducción aceptable para este grupo más exigente en el contenido de sal. Por último, en el conglomerado 3 las salsas en general mostraron una tendencia similar entre ellas, solo mostrando una clara diferencia entre el agrado hacia la salsa Lizano y la salsa modelo regular y, por los promedios obtenidos, se puede ver que este grupo tendía a gustar de las salsas con menor cantidad de sal.

Los resultados de los tres conglomerados, encontraron más personas que gustan más o igual la salsa reducida en sodio, con respecto a la versión regular, validando finalmente la reducción de sodio realizada en la salsa de tomate tipo Ketchup.

6. CONCLUSIONES

- Las salsas modelo, tanto regular como reducida en sodio, se ajustan a las propiedades sensoriales de las salsas de tomate tipo Kétchup analizadas en el mercado costarricense durante el periodo de estudio de esta investigación.
- El contenido de sodio en una salsa de tomate tipo Kétchup se puede reducir hasta un 0,51% de sal (200,6 mg sodio/100 g producto), obteniendo un producto con mayor o igual agrado general que el mismo producto sin una concentración de sodio reducida, con un valor de 1,8% de sal (707,8 mg sodio/100 g producto).
- La reducción de sodio fue de un 28% con aceptación por parte de los consumidores.
- Un porcentaje de la población, de aproximadamente un 32%, presenta un mayor agrado general en las salsas de tomate tipo Kétchup que contienen mayor concentración de sodio, por lo que si se desea realizar una reducción mayor a la propuesta de la DAP, este grupo notará la diferencia y la rechazará.
- Tomando en cuenta los tres conglomerados, la mayoría de la población de estudio gustan igual o más la salsa reducida en sodio, con respecto a la versión sin reducir, validando la reducción de sodio realizada en la salsa de tomate tipo Kétchup usando la DAP.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis posterior a la reducción de sodio en el producto, ya que la DAP en la población se puede ajustar progresivamente, permitiendo realizar una reducción de sodio mayor, sin causar que la población note la diferencia en el producto con el tiempo.
- Realizar un análisis del aumento en 0,03% con respecto al DAP, ya que si el aumento hubiera sido mayor, no se encontrarían diferencias significativas en la validación de la reducción de sodio, por parte de los consumidores.
- Se recomienda realizar una capacitación a productores de salsas de tomate tipo Kétchup, ya sea de manera industrial o a pequeña escala, para generar conciencia debido a los problemas de salud causados por el alto sodio y contribuir con el Plan Nacional de Reducción de Sal/Sodio.
- Extender los alcances de esta investigación a otras salsas y aderezos, ya que el mercado creciente tanto a nivel nacional y como para exportación genera altas posibilidades de venta de esta categoría.
- Debido a la naturaleza del producto, al contener un porcentaje de azúcar añadida, se genera mayor percepción del dulzor al reducir la sal, ya que se da una reducción del enmascaramiento del dulzor por el sabor salado, se recomienda evaluar una sustitución de azúcar paralela a la reducción realizada en el producto, ya que, si se elimina completamente el sodio en el producto, se puede generar un rechazo en el mismo. Añadido a esto, para mantener el nivel de salado se recomienda evaluar una equiparación de la sal con un sustituto de sodio.
- A pesar de que el Plan Nacional de Reducción de Sodio/Sal buscan reducir el sodio en la totalidad de la población, es recomendable realizar el análisis de los grupos etarios en las pruebas sensoriales, para identificar si este factor afecta los resultados obtenidos, ya que diferentes grupos de la población podrían aceptar con mayor facilidad una reducción de sodio, por lo que el producto podría enfocarse en estos grupos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AFSHAAN, F. & MADHAVI, B. 2018. Salt Reduction and Low-sodium Salt Substitutes: Awareness among Health-care providers in Mangalore, Karnataka. *Indian J Community Med* 43(4): 266-269.
- AHA (American Heart Association). 2019. Heart Disease and Stroke Statistics – 2019 Update. *Circulation* 2019(139): e56-e528.
- ANGULO, O. & O'MAHONY, M. 2009. Las pruebas de preferencia en alimentos son más complejas de lo imaginado. *INCI* 34(3): 177-181.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International – 20th Edition. AOAC International, Estados Unidos.
- ARMENTEROS, M., ARISTOY, M. C., BARAT, J. M. & TOLDRÁ, F. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts. *Meat Sci* 90(2012): 361-367.
- BALL, P., WOODWARD, D., BEARD, T., SHOOBRIDGE, A. & FERRIER, M. 2002. Calcium diglutamate improves taste characteristics of lower-salt soup. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56(6): 519–523.
- BI, J. & ENNIS, D. 1998. Sensory Thresholds: Concepts and Methods. *Journal of Sensory Studies* 13(1998): 133-148.
- BOATELLA, J., CODONY, R. & LÓPEZ, P. 2004. Química y bioquímica de los alimentos II. Publicaciones y Ediciones de la Universidad de Barcelona, España.
- BRESLIN, P. A. S. & SPECTOR, A. C. 2008. Mammalian taste perception. *Current Biology* 18(4): 148-155.
- CARTER, B. E., MONSIVAIS, P. & DREWNOWSKI, A. 2011. The sensory optimum of chicken broths supplemented with calcium di-glutamate: A possibility for reducing sodium while maintaining taste. *Food Qual. Prefer.* 22(7): 699–703.

- CDC (Centers for Disease Control). 2012a. Get the facts: The Role of Sodium In Your Food. Consultado 21 oct. 2017. Disponible en https://www.cdc.gov/salt/pdfs/role_of_sodium.pdf.
- CDC (Centers for Disease Control). 2012b. Vital signs: food categories contributing the most to sodium consumption - United States, 2007–2008. MMWR 61(5): 92-98.
- CFR (Code of Federal Regulations). 2017. Sección 155.194 Catsup. Consultado 19 set. 2017. Disponible en <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=155.194>.
- COMEX (Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica). 2019. Tratados vigentes. Consultado 22 abr. 2019. Disponible en <http://www.comex.go.cr/tratados/>
- DEN BESTEN, H. M., MATARAGAS, M., MOEZELAAR, R., ABEE, T. & ZWIETERING, M. H. 2006. Quantification of the effects of salt stress and physiological state on thermotolerance of *Bacillus cereus* ATCC 10987 and ATCC 14579. Appl Environ Microbiol. 72(2006): 5884-5894.
- DRENJANCEVIC-PERIC, I., JELAKOVIC, B., LOMBARD, J. H., KUNERT, M. P., KIBEL, A. & GROS, M. 2011. High-Salt Diet and Hypertension: Focus on the Renin-Angiotensin System. Kidney Blood Press Res. 34(1): 1-11.
- ENNIS, D., ROUSSEAU, B. & ENNIS, J. 2014. Tables for Product Testing Methods. En: ENNIS, D., ROUSSEAU, B. & ENNIS, J. Tools and Applications of Sensory and Consumer Science: 52 Technical Report Scenarios Based on Real-Life Problems. Institute for Perception: Estados Unidos.
- FAO. 1983. Codex Stan 53-1981. Standard for Special Dietary Foods with Low-Sodium Content (Including Salt Substitutes). Consultado 15 mar. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2YAdy85>
- FDA (Food and Drug Administration). 1998. Bacteriological Analytical Manual. 8 edición. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en

<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm>.

FDA (Food and Drug Administration). 2012. Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins, Second Edition. Estados Unidos.

FDA (Food and Drug Administration). 2016a. Sodium in Your Diet: Use the Nutrition Facts Label and Reduce Your Intake. Consultado 18 set. 2017. Disponible en <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/LabelingNutrition/ucm315393.htm>.

FERRANTE, D., APRO, N., FERREIRA, V., VIRGOLINI, M., AGUILAR, V., SOSA, M., PEREL, P. & CASAS, J. 2011. Feasibility of salt reduction in processed foods in Argentina. *Rev. Panam. Salud Publica* 29(2): 69–75.

GANESAN, B., BROWN, K., IRISH, D. A., BROTHERSEN, C. & MCMAHON, D. J. 2014. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. *J. Dairy Sci.* 97(4): 1970–1982.

GANNON, C. K. 2011. Mentoring minutes: Diary of the "mad" med-lab techs: The Gram Stain. *MLO* 43(3): 38-38.

GONZÁLEZ, V., RODEIRO, C., SANMARTÍN, C. & VILA PLANA, S. 2014. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS SENSORIAL: Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. IES Mugaros, España.

HAJMEER, M., CEYLAN, E., MARSDEN, J. L. & FUNG, D. Y. 2006. Impact of sodium chloride on *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* analysed using transmission electron microscopy. *Food Microbiol* 23(5): 446-452.

HENNEY, J. E., TAYLOR, C. L. & BOON, C. S. 2010. Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States. National Academies Press, Estados Unidos.

HERNÁNDEZ, 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. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 90 p.

HOUGH, G., WAKELING, I., MUCCI, A., CHAMBERS, E., MÉNDEZ, I. & RANGEL, L. 2006. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference* 17(2006): 522-526.

IFT (Institute of Food Technologists)/FDA (Food and Drug Administration). 2001. Processing Parameters Needed to Control Pathogens in Cold-Smoked Fish. Estados Unidos.

ISHII, R., O'MAHONY, M. & ROUSSEAU, B. 2013. Triangle and tetrad protocols: Small sensory differences, resampling and consumer relevance. *Food Quality and Preference* 31(2014): 49–55.

JAENKE, R., BARZI, F., McMAHON, E., WEBSTER, J. & BRIMBLECOMBE, J. 2017. Consumer acceptance of reformulated food products: A systematic review and meta-analysis of salt-reduced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(16): 3357-3372.

JUSZCZAK, L., OCZADLY, Z. & GALKOWSKA, D. 2013. Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. *Food and Bioprocess Technology* 6(5): 1251-1260.

KOTILAR, C., KEMPNY, P., GONZALEZ, S., CASTELLARO, C., FORCADA, P., OBREGON, S., CAVANAGAH, E., CHIABAUT, J., CASARINI, M. J., ROJAS, M. & INSERRA, F. 2014. Lack of RAAS inhibition by high-salt intake is associated with arterial stiffness in hypertensive patients. *Journal of the Renin-Angiotensin-Aldosterone System* 15(4): 498-504.

LANG, A. 2007. Desarrollo de una salsa de tomate para snacks populares. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 63 p.

LAWLESS, H. & HEYMANN, H. 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices, 2da edición. Springer, Estados Unidos.

- LEHKOZIVOVÁ, J., KAROVICOVÁ, J. & KOHAJDOVÁ, Z. 2009. The Quality and Authenticity Markers of Tomato Ketchup. *Acta Chimica Slovaca* 2(2): 88-96.
- LIEM, D. G., MIREMADI, F. & KEAST, R. 2011. Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. *Nutrients* 3(12): 694-711.
- LÓPEZ, K., SCHILLING, M. W., ARMSTRONG, T. W., SMITH, B. S. & CORZO, A. 2012. Sodium chloride concentration affects yield, quality, and sensory acceptability of vacuum-tumbled marinated broiler breast fillets. *Poult. Sci.* 91(5): 1186–1194.
- McGOUGH, M. M., SATO, T., RANKIN, S. A. & SINDELAR, J. J. 2012. Reducing sodium levels in frankfurters using naturally brewed soy sauce. *Meat Sci* 91(1): 69–78.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G. V. & CARR, T. 2006. *Sensory Evaluation Techniques*, 3ra edición. CRC Press, Miami.
- MILLER, P., LIU, X. & MCMULLEN, L. M. 2015. Microbiota of regular sodium and sodium-reduced ready-to-eat meat products obtained from the retail market. *Canadian Journal of Microbiology* 154(2015): 150-154.
- MILLER, R. A. & JEONG, J. 2014. Sodium reduction in bread using lowsodium sea salt. *Cereal Chem* 91(1): 41–44.
- MINISTERIO DE SALUD. 2011. Plan Nacional para la reducción de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. Costa Rica.
- NOH, H. M., PARK, S., LEE, H., OH, H., PAEK, Y. J., SONG, H. J., PARK, K. H. 2015. Association between High Blood Pressure and Intakes of Sodium and Potassium among Korean Adults: Korean National Health and Nutrition Examination Survey, 2007-2012. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 115(12): 1950-1957.
- OEC (The Observatory of Economic Complexity). 2019. Tomato Ketchup and other tomato sauces. Consultado 20 ene. 2019. Disponible en <https://atlas.media.mit.edu/en/profile/hs92/210320/>.

- ORELLANA-ESCOBEDO, L., ORNELAS-PAZ, J. J., OLIVAS, G. I., GUERRERO-BELTRAN, J. A., JIMÉNEZ-CASTRO, J. & SEPULVEDA, D. R. 2012. Determination of Absolute Threshold and Just Noticeable Difference in the Sensory Perception of Pungency. *Journal of Food Science* 77(3): 135-139.
- PFLUG, I. J. 1998. *Microbiology and Engineering of Sterilization Processes*. 9 ed. Environmental Sterilization Laboratory, Estados Unidos.
- POWLES, J., FAHIMI, S., MICHA, R., KHATIBZADEH, S., SHI, P., EZZATI, M., ENGELL, R. E., LIM, S. S., DANAEI, G. & MOZAFFARIAN, D. 2013. Global, regional and national sodium intakes in 1990 and 2010: a systematic analysis of 24 h urinary sodium excretion and dietary surveys worldwide. *BMJ OPEN* 3(12): 1-18.
- PROCOMER. 2013. *Prospección del mercado de alimentos en Guatemala*. Consultado 25 mar. 2019. Disponible en <https://www.procomer.com/uploads/downloads/1146ad4765f9e16f881561f7f15131f53a4c8ebf.pdf>
- PROCOMER. 2014. *Análisis para la comercialización de pastas, snacks, galletería y salsas*. Consultado 25 mar, 2019. Disponible en <https://www.procomer.com/uploads/downloads/d674d58219349c0c2b6ec519b53d4e08e38cb30d.pdf>
- PROCOMER. 2016. *Tendencias e innovaciones: prospección feria SIAL París 2016*. Consultado 25 set. 2017. Disponible en <http://www.procomer.com/uploads/downloads/e39898370f2996fa0c526489997cb8202c3107d8.pdf>.
- RAMIREZ, J.S. 2012. *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Universidad del Valle Cali, Colombia.
- REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO (RTCA). 2010. 67.01.60:10. *Etiquetado nutricional productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años*. Consultado 20 ene 2018. Disponible en

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=72456

- REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO (RTCA). 2017. 67.04.50:17. Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos. Consultado 12 oct 2018. Disponible en http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=87920&nValor3=114653¶m2=1&strTipM=TC&IResultado=1&strSim=simp
- ROTOLO, M. K., PIHLAJAVIITA, S. T., KAIMAINEN, M. T. & HOPIA, A. I. 2015. Concentration of umami compounds in pork meat and cooking juice with different cooking times and temperatures. *J. Food Sci* 80(2015): C2711-C2716.
- SCHANDA, J. 2007. *Colorimetry: understanding the CIE system*. Wiley, Estados Unidos.
- STONE, H. 2018. Example food: What are its sensory properties and why is that important?. *Nature* 2(11): 1-3.
- TAORMINA, P. J. 2010. Implications of Salt and Sodium Reduction on Microbial Food Safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50(3): 209-227.
- VILLANUEVA, N. D. M., PETENATE, A. J. & DA SILVA, M. A. A. P. 2005. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference* 16(2005): 691-703.
- WILLEMS, A. A., VAN HOUT, D. H. A., ZIJLSTRA, N. & ZANDSTRA, E. H. 2014. Effects of salt labelling and repeated in-home consumption on longterm liking of reduced-salt soups. *Public Health Nutr.* 17(5): 1130–1137.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 2012a. Effect of reduced sodium intake on blood pressure, renal function, blood lipids and other potential adverse effects. Geneva.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 2012b. Effect of reduced sodium intake on cardiovascular disease, coronary heart disease and stroke. Geneva.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 2012c. Guideline: Potassium Intake for Adults and Children. Geneva.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 2017. Noncommunicable Diseases Progress Monitor, 2017. Geneva.

ZHANG, L., SCHULTZ, M. A., CASH, R., BARRETT, D. M. & MCCARTHY, M. J. 2014. Determination of quality parameters of tomato paste using guided microwave spectroscopy. Food Control 40(2014): 214-223.

9. ANEXOS

Cuadro IA. Resultados obtenidos en el programa FIZZ para el panel de determinación del umbral de la DAP para la reducción de sodio en salsas de tomate tipo Ketchup (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración variable de sal).

Panelista	Porcentaje de sal (%)					
	0,13	0,26	0,52	1,04	2,08	4,16
1	1	1	1	0	1	1
2	1	0	1	0	1	1
3	1	1	1	1	0	0
4	1	1	1	0	1	1
5	0	1	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1	1
7	1	1	0	0	1	1
8	1	1	1	0	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	0	0	1
11	1	1	1	0	1	1
12	0	1	1	0	0	1
13	1	1	1	0	1	1
14	1	1	0	1	0	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	0	0	1
18	1	1	1	0	0	1
19	1	1	0	0	0	1
20	1	1	1	0	0	1
21	1	1	1	0	1	1
22	1	1	1	0	0	1
23	1	1	0	0	1	1
24	1	1	1	0	1	1
25	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	0	1	1
27	1	1	1	0	0	1
28	1	1	1	1	1	1
29	0	1	0	1	1	1
30	1	1	1	0	1	1
31	1	1	1	0	1	1
32	1	1	1	0	1	1
33	1	1	1	1	0	1
34	1	1	1	0	1	1

Continuación Cuadro IA. Resultados obtenidos en el programa FIZZ para el panel de determinación del umbral de la DAP para la reducción de sodio en salsas de tomate tipo Ketchup (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración variable de sal).

Panelista	Porcentaje de sal (%)					
	0,13	0,26	0,52	1,04	2,08	4,16
35	1	1	1	0	0	0
36	1	1	1	0	1	1
37	1	1	1	0	1	1
38	1	1	1	0	1	1
39	1	1	1	1	0	1
40	1	0	1	0	1	0

Cuadro IIA. Frecuencia de escogencia de la salsa con mayor concentración de sodio contra la salsa reducida en sodio (1: Salsa modelo con mayor sodio; 0: Salsa reducida en sodio).

Panelista	Frecuencia de escogencia de sabor salado
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	0
9	1
10	0
11	1
12	0
13	0
14	1
15	1
16	0
17	0
18	1
19	0
20	1
21	0

Continuación Cuadro IIA. Frecuencia de escogencia de la salsa con mayor concentración de sodio contra la salsa reducida en sodio (1: Salsa modelo con mayor sodio; 0: Salsa reducida en sodio).

Panelista	Frecuencia de escogencia de sabor salado
22	1
23	0
24	1
25	1
26	0
27	0
28	1
29	1
30	1
31	0
32	1
33	0
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1

Cuadro IIIA. Prueba de agrado de las salsas modelo sin reducir y reducida, y las salsas comerciales Heinz y Lizano.

Panelista	Salsa reducida	Salsa modelo	Heinz	Lizano
1	3,0	3,0	7,0	8,0
2	3,2	4,0	6,0	1,5
3	9,1	10,0	6,1	6,1
4	7,0	8,0	7,0	8,1
5	2,0	8,1	4,0	5,0
6	4,2	7,6	5,0	5,8
7	5,0	2,0	6,0	3,0
8	5,0	5,0	7,0	2,0
9	4,9	4,8	6,1	2,5
10	3,0	4,6	9,5	5,0
11	6,5	8,1	9,5	2,0
12	9,0	7,3	9,0	6,7

Continuación Cuadro IIIA. Prueba de agrado de las salsas modelo sin reducir y reducida, y las salsas comerciales Heinz y Lizano.

Panelista	Salsa reducida	Salsa modelo	Heinz	Lizano
13	4,4	6,0	7,0	4,5
14	5,1	8,4	4,1	10,0
15	4,4	6,3	4,8	1,4
16	6,6	9,0	8,1	4,1
17	2,1	9,1	5,0	9,0
18	1,1	2,2	7,1	8,6
19	5,0	3,0	2,0	6,0
20	4,0	4,0	6,0	6,1
21	8,0	4,0	1,4	2,9
22	3,0	4,0	4,0	8,0
23	1,0	2,0	7,0	4,6
24	6,1	5,0	7,3	9,8
25	1,0	5,0	9,0	9,0
26	3,0	4,0	5,0	8,0
27	7,7	5,3	6,2	7,4
28	4,0	0,9	9,6	8,8
29	3,0	7,0	8,0	5,0
30	5,0	4,0	9,1	5,0
31	9,0	3,0	7,0	5,0
32	7,0	8,0	7,0	6,0
33	4,5	7,0	8,8	4,9
34	6,1	7,0	7,7	8,3
35	1,9	3,2	10,0	7,0
36	8,1	7,0	6,1	8,1
37	6,0	1,0	4,0	9,0
38	9,1	9,0	8,1	7,5
39	5,0	7,0	4,0	4,0
40	9,0	8,0	7,7	1,4
41	9,0	9,0	6,0	2,0
42	3,0	3,0	9,0	7,0
43	1,0	4,0	9,0	6,0
44	1,9	3,0	9,0	3,0
45	1,0	1,0	8,1	1,0
46	3,0	6,0	2,0	8,0
47	0,1	1,0	8,1	2,0
48	5,0	2,9	6,8	1,1
49	0,0	0,0	4,9	5,0
50	2,0	1,5	0,5	4,0
51	3,0	6,1	2,0	7,0

Continuación Cuadro IIIA. Prueba de agrado de las salsas modelo sin reducir y reducida, y las salsas comerciales Heinz y Lizano.

Panelista	Salsa reducida	Salsa modelo	Heinz	Lizano
52	9,6	10,0	6,4	6,4
53	3,0	5,1	2,0	3,0
54	8,6	7,5	1,5	4,5
55	6,0	6,4	5,0	5,5
56	8,0	9,1	9,6	7,0
57	3,0	4,0	8,0	7,5
58	8,5	6,0	8,1	3,0
59	8,1	5,0	3,0	7,3
60	4,0	5,6	8,6	6,0
61	0,0	9,0	5,0	3,0
62	6,0	9,0	4,0	3,5
63	8,0	10,0	8,0	1,0
64	4,0	7,0	9,0	3,0
65	9,6	1,1	4,8	0,0
66	1,0	4,0	4,0	9,0
67	5,6	6,0	7,0	9,0
68	1,3	6,8	3,8	7,0
69	2,0	2,0	3,0	5,0
70	0,0	4,6	0,0	6,0
71	1,5	9,1	6,3	2,4
72	3,0	7,5	4,0	3,0
73	6,0	7,2	8,9	8,7
74	3,0	6,0	8,1	7,0
75	5,0	4,0	8,0	9,0
76	0,3	8,0	2,0	6,0
77	7,0	6,1	3,5	2,0
78	9,0	6,1	5,0	8,0
79	9,0	7,0	8,0	8,3
80	8,0	8,0	4,0	9,0
81	5,3	8,3	7,7	9,6
82	2,6	0,9	6,7	8,3
83	7,1	6,0	1,0	2,0
84	7,0	7,5	8,7	8,5
85	8,0	6,6	5,0	5,0
86	2,0	7,1	8,1	8,0
87	7,8	7,3	2,5	4,3
88	8,1	1,9	6,0	3,0
89	7,0	7,5	8,0	4,0
90	6,2	3,0	4,0	5,7

Continuación Cuadro IIIA. Prueba de agrado de las salsas modelo sin reducir y reducida, y las salsas comerciales Heinz y Lizano.

Panelista	Salsa reducida	Salsa modelo	Heinz	Lizano
91	0,1	0,1	8,1	4,0
92	8,8	8,4	6,0	6,7
93	6,0	4,0	3,0	8,0
94	6,5	8,0	5,0	5,0
95	4,0	6,0	6,1	9,1
96	5,0	6,0	9,0	8,0
97	3,0	4,0	7,5	8,6
98	1,9	2,9	8,0	7,1
99	2,0	9,0	8,1	6,0
100	7,0	3,0	9,0	7,0
101	3,0	1,0	10,0	8,0
102	1,0	0,0	7,0	4,0
103	6,6	4,0	6,0	3,0
104	7,1	8,0	3,5	6,1
105	4,1	2,0	7,0	6,0
106	5,0	8,0	10,0	10,0
107	1,3	6,7	6,1	8,1
108	2,0	3,0	7,1	9,0
109	7,0	7,0	9,0	8,0
110	5,5	6,5	8,4	2,5
111	9,0	5,0	8,0	0,0
112	1,0	6,1	4,0	4,1

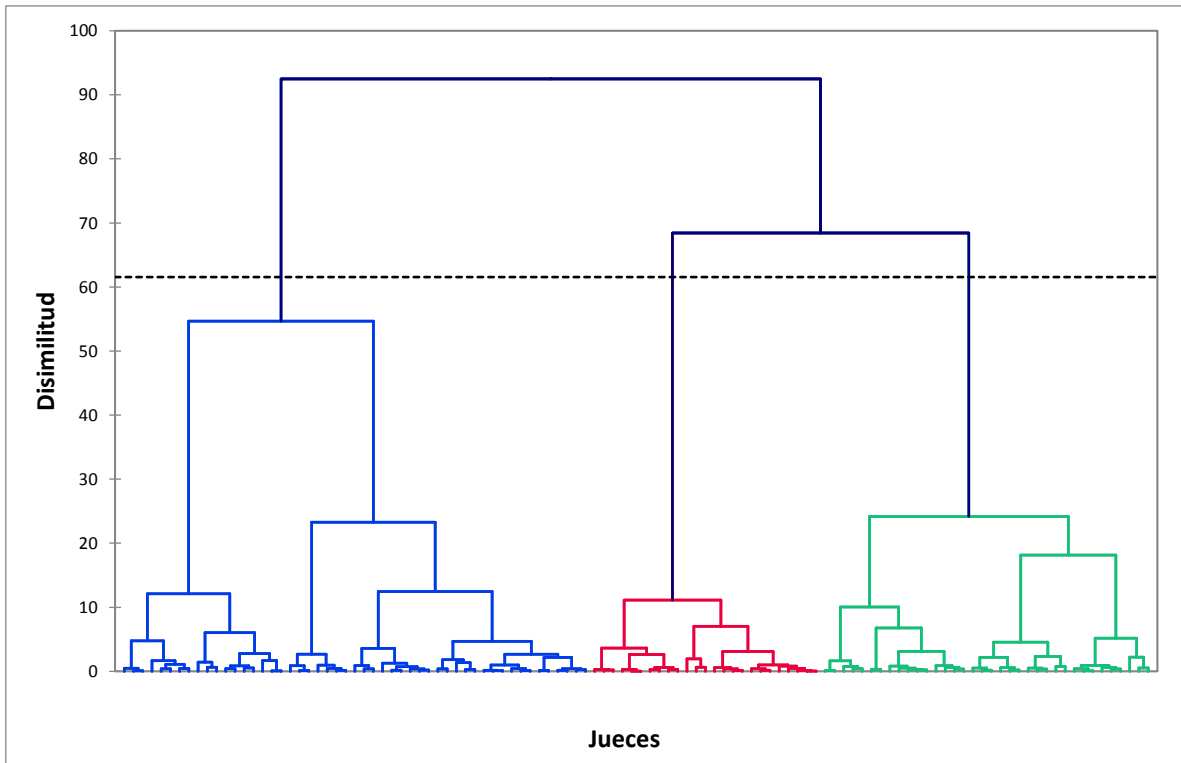


Figura 1A. Dendrograma de los conglomerados encontrados en la prueba de agrado de la salsa modelo sin reducir, reducida y las salsas comerciales Heinz y Lizano.