

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

Trabajo final de graduación bajo la modalidad de proyecto  
presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar por  
el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**REDUCCIÓN DE SODIO EN MAYONESA Y SU EFECTO  
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL  
PRODUCTO**

Aliz Sophia Villalobos Moreira

Carné: B37552

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Diciembre, 2019

## **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:

---

PhD. Natalia Barboza Vargas  
Presidenta del Tribunal

---

PhD. Óscar Acosta Montoya  
Director del proyecto

---

PhD. Jessie Usaga Barrientos  
Asesora del proyecto

---

M.Des. Pilar Fallas Rodríguez  
Asesora del proyecto

---

PhD. Elba Cubero Castillo  
Profesor designado

## DEDICATORIA

A mi familia por enseñarme que la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quiero agradecer a mi familia por la paciencia y apoyo que me demostraron durante todo el proceso universitario. A mi papá por estar conmigo en todo momento buscando siempre la forma de ayudarme. A mi mamá por todo lo que me ha enseñado. A mis hermanos por entretenerme a pesar de los momentos difíciles y a mis tías por siempre darme los mejores consejos.

A Ig, por llegar en el momento perfecto a enseñarme que siempre se puede dar un esfuerzo extra. Además por soportar todos los correos que le envié, las mil veces que le hablé sobre mis preocupaciones y la forma en la que me ayudó a tranquilizarme.

Al los profesores Óscar, Jessie y Elba, que siempre estuvieron para apoyarme, creer en mi y por darme la tranquilidad que necesitaba. Estaré agradecida por siempre por el conocimiento que me brindaron.

A Mike, por ser mi compañero de laboratorio siempre, escucharme y ser un amigo incondicional que me ha apoyado siempre. A Steph por ser tan buena amiga, aconsejarme y por todas las veces que estudiamos y divertimos juntas. A Feli por brindarme siempre su apoyo, hacerme reír y ser un amigo excelente. A Kari por darme tantas veces ride, no puedo estar más agradecida y por ser de las mejores amigas que alguien puede tener. A Nati por tomarme siempre fotos y hacer de la u un lugar más ameno.

A Alonso y Camacho por ayudarme en la planta, a Giova por siempre darme tan buenos consejos y mostrarme que siempre se puede seguir adelante.

Y a todas las personas que de alguna u otra forma participaron en este proceso estaré por siempre agradecida.

## ÍNDICE GENERAL

## PÁGINA

TRIBUNAL EXAMINADOR .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	ix
NOMENCLATURA.....	x
RESUMEN .....	xi
1. JUSTIFICACIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
3. MARCO TEÓRICO .....	6
3.1. INGESTA DE SODIO EN LA DIETA .....	6
3.2. MAYONESA.....	7
3.2.1. GENERALIDADES.....	7
3.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS .....	7
3.2.2.1. pH .....	7
3.2.2.2. VISCOSIDAD .....	8
3.2.2.3. COLOR .....	8
3.2.2.4. ACTIVIDAD DE AGUA.....	8
3.2.3. PROCESAMIENTO.....	9
3.2.3.1. MATERIAS PRIMAS .....	9
3.2.3.1.1. ACEITE.....	9
3.2.3.1.2. HUEVO .....	10
3.2.3.1.3. VINAGRE.....	10
3.2.3.1.4. AZÚCAR .....	10
3.2.3.1.5. SAL.....	11
3.3. ANÁLISIS SENSORIAL.....	11

3.3.1. GENERALIDADES.....	11
3.3.2. UMBRALES.....	12
3.3.3. PRUEBAS DE DISCRIMINACIÓN: 2 AFC .....	14
3.3.4. MODELACIÓN THURSTONINA .....	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
4.1. LOCALIZACIÓN .....	16
4.2. MATERIAS PRIMAS .....	16
4.3. METODOLOGÍA.....	17
4.3.1. CARACTERIZACIÓN DE MAYONESAS DEL MERCADO NACIONAL Y FORMULACIÓN DE MAYONESA BASE .....	17
4.3.1.1. PRUEBAS PRELIMINARES .....	17
4.3.1.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MAYONESAS COMERCIALES.....	17
4.3.1.2.1. pH.....	18
4.3.1.2.2. COLOR.....	18
4.3.1.2.3. VISCOSIDAD.....	18
4.3.1.2.4. ACTIVIDAD DE AGUA.....	18
4.3.1.2.5. CONTENIDO DE SODIO.....	19
4.3.1.3. FORMULACIÓN DE LA MAYONESA MODELO.....	19
4.3.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	21
4.3.2. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA PARA EL CONTENIDO DE SAL DE LAS MAYONESAS .....	22
4.3.2.1. PREPARACIÓN DE MUESTRAS .....	22
4.3.2.2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE SODIO DE LOS ESTÍMULOS PRESENTADOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA.....	23
4.3.2.3. DETERMINACION DEL UMBRAL DE DIFERENCIA (DAP).....	24
4.3.2.3.1. MÉTODO DE ANÁLISIS .....	24
4.3.2.4. ANÁLISIS DE DATOS.....	25
4.3.3. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO DE MAYONESA .....	27
4.3.3.1. MÉTODO DE ANÁLISIS .....	27
4.3.3.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	27
4.3.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	27

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
5.1. CARACTERIZACIÓN DE MAYONESAS DEL MERCADO NACIONAL Y FORMULACIÓN DE MAYONESA BASE .....	28
5.2. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA PARA EL CONTENIDO DE SAL DE LAS MAYONESAS .....	36
5.3. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO DE MAYONESA .....	37
6. CONCLUSIONES .....	41
7. RECOMENDACIONES.....	42
8. BIBLIOGRAFÍA.....	44
8.1. BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	44
8.2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	51
9. ANEXOS.....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

## PÁGINA

Cuadro I. Formulación de la mayonesa modelo. ....	21
Cuadro II. Porcentaje de sal en mayonesa para determinación de la DAP con la prueba de umbrales.....	23
Cuadro III. Características fisicoquímicas de la mayonesa modelo producida. ....	35
Cuadro IV. Reducción realizada en la mayonesa basándose en la DAP del sabor salado encontrada utilizando el método del estímulo constante. ....	37
Cuadro V. Formulación utilizada para la elaboración de la mayonesa reducida en sodio.....	37
Cuadro VI. Características fisicoquímicas de la mayonesa reducida en sodio.....	38
Cuadro VII. Resultados obtenidos para las mayonesas reducidas contra una mayonesa modelo en la validación de la reducción de sodio utilizando una prueba sensorial 2-AFC .....	40
Cuadro I A. Resultados de prueba de umbrales para obtención de DAP mediante el programa FIZZ, con el fin de reducir el sodio en mayonesa (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración variable de sal).....	52
Cuadro II A. Resultados de prueba de validación de reducción de sodio mediante programa FIZZ (1: Muestra sin reducir; 0: Muestra reducida en sal y/o acidez).....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

## PÁGINA

Figura 1. Representación de la diferencia / similitud entre dos estímulos .....	15
Figura 2. Diagrama de flujo para elaboración de mayonesa modelo.....	18
Figura 3. Forma de presentación de los estímulos en el panel de umbrales.....	25
Figura 4. Porcentaje de ingredientes utilizados en la elaboración de mayonesas del mercado nacional. ....	28
Figura 5. Valores promedio de pH de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo 22/08/2018 – 18/09/2018. ....	29
Figura 6. Valores promedio de actividad de agua de seis mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018. ....	30
Figura 7. Valores promedio de viscosidad de seis mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018. ....	31
Figura 8. Valores promedio de parámetros L*, a* y b* de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018. ....	33
Figura 9. Valores promedio de contenido de sodio de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018 y valores reportados en las respectivas etiquetas. ....	34
Figura 10. Relación del porcentaje de panelistas que juzgaron la muestra de concentración variable como la más salada en las diferentes mayonesas evaluadas. ....	36

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de potencia estadística.....	22
Ecuación 2. Cálculo de diferencia apenas perceptible .....	26

## **NOMENCLATURA**

OMS: Organización Mundial de la Salud

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

NaCl: Cloruro de sodio

KCl: Cloruro de potasio

DAP: Diferencia apenas perceptible

ANDEVA: Análisis de varianza

ETA: Escuela de Tecnología de Alimentos

CITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

BAM: Bacteriological Analytical Manual

FDA: Food and Drug Administration

## RESUMEN

Villalobos Moreira, Aliz Sophia

### **Reducción de sodio en mayonesa y su efecto sobre las características sensoriales del producto**

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

Villalobos - Moreira, A. 2019.

67 pp. 69 ref.

En la presente investigación se aplicó una metodología de análisis sensorial de determinación de umbrales para reducir el contenido de sodio en una mayonesa. Se realizó un sondeo en el mercado costarricense en donde se encontraron seis mayonesas a las cuales se les realizaron diversos análisis fisicoquímicos (pH, viscosidad, actividad de agua, color y contenido de sodio) con el fin de realizar una formulación modelo del producto que reflejara las características generales encontradas en los productos comerciales al momento del muestreo. Se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el contenido de sodio de los aderezos analizados, los cuales tienen un rango entre 1,2 a 2,2 % de sal.

Posteriormente a la formulación de la versión modelo de mayonesa se procedió a realizar un panel sensorial para la determinación del umbral del sabor salado en el producto mediante la utilización de pruebas 2-AFC con 40 consumidores, con el fin de encontrar la diferencia apenas perceptible (DAP) en el contenido de sal y así determinar el ámbito de la reducción que se podría realizar en el producto. En este caso los resultados demostraron que al disminuir un 0,30% de NaCl las personas apenas sienten la diferencia en la concentración de sal. Cabe rescatar que con el fin de asegurar que el cambio no sea sentido se aplicó una reducción menor al DAP, de 0,27% en el producto modelo. Posteriormente, se realizó una validación de los resultados obtenidos aplicando una prueba sensorial de discriminación 2-AFC con 50 consumidores, en donde se presentaba la versión reducida junto a la formulación modelo (1,8% de sal) y se pedía escoger la más salada del par. Se concluyó que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la percepción del sabor salado por lo

que se puede realizar una reducción de sodio de 15% de sal en la formulación promedio de mayonesa sin afectar la aceptación del consumidor.

## 1. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el mundo vive una transición alimentaria en cuanto a aspectos nutricionales se refiere, que se caracteriza sobre todo por el consumo excesivo de grasas saturadas, azúcares simples y sodio, lo cual ha afectado de manera negativa la salud del consumidor (Miranda *et al*, 2014). El sodio es uno de los componentes de las sales que da ciertas características físicas, químicas y sensoriales a los alimentos y además es parte fundamental para las funciones cerebrales y sistema de fluidos en humanos (Constantine & Iliuta, 2011). Sin embargo, el consumo excesivo de sodio es una de las causas más importantes de enfermedades no transmisibles, como la hipertensión, que constituye el principal factor de riesgo de muerte a nivel mundial e incrementa el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y de sufrir muerte prematura. En Costa Rica, la prevalencia de hipertensión arterial es del 31,2% a nivel general, en donde el 75% de los casos se da a partir de los 40 años (Ministerio de Salud, 2019).

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el promedio de consumo mundial de sal varía entre 9 y 12 g por día, cerca del doble de los 5 g por día recomendados (2 g de sodio/persona/día) (Saavedra *et al.*, 2014). En Costa Rica, los datos no son muy diferentes, ya que el Ministerio de Salud indica que la ingesta de sal se encuentra en 11,5 g por persona por día (Ministerio de Salud, 2018). Esta situación ha impactado en forma negativa la salud de la población, y es por esto que los gobiernos han implementado políticas públicas para reducir el consumo de sodio. A nivel nacional, en el 2011 se apoyó la declaratoria para reducir el consumo de sal en las Américas y se oficializó el Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la Población de Costa Rica en el periodo del 2011-2021 (Blanco *et al.*, 2012). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, siete años después de la declaratoria los costarricenses continuaron consumiendo más sodio de lo recomendado por día. Es por lo anterior, que se han empezado a popularizar productos reducidos en sodio, como los embutidos y

panes, que se mencionará más adelante.

El aporte de sodio en la dieta proviene principalmente de los alimentos preparados, alimentos industrializados y de la sal de mesa agregada. Según Mesías *et al.* (2010), son las conservas, productos de panificación, lácteos, embutidos y refrescos, los productos que más sodio por porción contienen. Además, un estudio realizado por el Gobierno de España (2015) indica que en los últimos años las mayonesas han tenido un aumento de sodio en la formulación del 30 %, lo cual afecta a nuestro país debido a la gran cantidad de productos importados con los que contamos en los mercados.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2013), la mayonesa se encuentra entre los 50 alimentos más frecuentes en el consumo de los hogares costarricenses. Pese a lo mencionado antes, en el mercado nacional no se encuentran mayonesas reducidas en sodio ni tampoco se han realizado investigaciones en cuanto a la posibilidad de reducción o sustitución de sodio en este aderezo. Tampoco se conoce el grado de variabilidad que existe en el mercado en cuanto al contenido de sal. A pesar de la falta de estos productos en el mercado, Valverde & Picado (2013) indican que, la reformulación de los productos procesados es una de las estrategias más eficaces para lograr un consumo de sodio adecuado. Por lo que es interesante pensar en este tipo de estrategias cuando se requiere reducir sodio en alimentos de alto consumo como la mayonesa (INEC, 2013).

A pesar de que no se han realizado investigaciones publicadas de mayonesas reducidas en sodio, sí se han hecho estudios para reducir el contenido de sodio en otro tipo de productos. En el caso de embutidos, Zambrano (2013), estudió el efecto de la reducción y sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio, encontrándose que la sustitución afecta las características sensoriales y microbiológicas del producto. Sin embargo, lo anterior se produce al darse una sustitución de sal mayor al 25%. Otro estudio demuestra que jamones elaborados con mezclas de NaCl y KCl al 50% y concentraciones de sal alrededor de 2,5% fueron aceptadas en el aspecto sensorial, mientras que en los que contenían una

mayor cantidad de 4,5 a 5,5% se detectaron defectos, en especial en cuanto al sabor amargo, debido al alto contenido de potasio (Armanteros, 2010). Además, en estudios sobre el efecto del contenido de sodio en productos de panificación, se encontró que el pan con sal presenta mejor calidad sensorial que el pan sin sal y que el cloruro de sodio tiene una función importante en el perfil sensorial de estos productos, mejorando el aroma, sabor y textura (Quitral *et al.*, 2015). La mayonesa, al igual que los productos mencionados antes, puede presentar efectos negativos al reducir el contenido de sodio. Esto debido a que el cloruro de sodio cumple diferentes funciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en este tipo de aderezo. Por ejemplo, en el caso de la mayonesa, se sabe que la sal mejora la calidad y estabilidad de la misma en tres formas diferentes: (1) colabora con la dispersión de los gránulos de yema de huevo y pone a disposición mayor cantidad de material tenso activo; (2) neutraliza la carga de las proteínas, lo cual permite a la lipovitulina absorber agua y fortalecer la capa en la superficie de las gotas de aceite, por lo que los gránulos se hinchan y (3) la neutralización de las cargas también permite que las gotas de aceite adyacentes interactúen más fuertemente (Paananen, 2017).

En cuanto a aspectos microbiológicos, el NaCl presenta un efecto inhibitorio en el crecimiento bacteriano, esto para los alimentos en general (Pawar *et.al*, 2000). Esta inhibición se da ya que la adición de NaCl disminuye la actividad de agua. Los iones de sodio que rodean las células bacterianas causan la salida de agua a través de su membrana. Lo anterior afecta a la bacteria, ya que esta debe mantener un nivel adecuado de agua para su correcto funcionamiento y para esto intenta mantener la homeostasis mediante la acumulación activa de iones o la captación o síntesis de solutos compatibles. La tasa de energía que se gasta en estas actividades reduce la tasa de crecimiento y finalmente se evita el mismo (Stringer y Pin, 2005). A pesar de lo anterior, es importante destacar que el principal efecto antimicrobiano de la mayonesa está dado por el ácido acético (vinagre) adicionado a la formulación (Smittle, 2000).

Además de aspectos fisicoquímicos y microbiológicos, la reducción de sodio también

provoca un efecto en aspectos sensoriales. Según Lahtinen (1985), la salinidad es función de la fase acuosa de una dispersión y desempeña un papel importante en las propiedades sensoriales de las emulsiones.

Para determinar el efecto de reducción de sodio, es necesario realizar una prueba sensorial llamada umbral de diferencia, que consiste en medir la magnitud del cambio del estímulo estudiado para producir una diferencia apreciable. Para poder realizar esta prueba se utiliza un estímulo estándar que se compara con otro estímulo variable (Gutiérrez & Barrera, 2015). El término de diferencia apreciable o apenas perceptible (DAP o JND por sus siglas en inglés) se utiliza cuando el umbral de diferencia se determina cambiando la variable del estímulo en cantidades pequeñas por encima y por debajo del estándar, esto hasta que la diferencia pueda ser perceptible levemente. De esta manera se pueden realizar reducciones de un ingrediente (en este caso el cloruro de sodio) sin que el consumidor perciba la diferencia respecto al producto original. Para lo anterior se usa una prueba de discriminación llamada 2-AFC, en donde, dado que se especifica el criterio de escogencia, se elimina la respuesta sesgada. Las pruebas de discriminación permiten encontrar diferencias muy pequeñas entre productos, por lo que esta técnica ayuda a reducir sal sin que sea notable el cambio, permitiendo una mayor aceptación por parte del consumidor de los alimentos reducidos en sodio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto de la reducción de sodio en mayonesa sobre sus características sensoriales para la determinación de la aceptación del producto por parte de los consumidores.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una caracterización fisicoquímica de seis mayonesas que se encuentran en el mercado nacional para la comparación de su contenido de sodio con el reportado en sus etiquetas y la posterior formulación de una mayonesa modelo con características fisicoquímicas representativas de las disponibles en el mercado costarricense en la actualidad.
- Determinar la cantidad de sodio que se puede reducir en la mayonesa modelo o estándar por medio del método sensorial de diferencia apenas perceptible (DAP).
- Validar, mediante pruebas sensoriales, si la reducción en la concentración de sodio en la mayonesa no es percibida y por ende no existe un rechazo del producto por parte del consumidor.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. INGESTA DE SODIO EN LA DIETA**

El sodio es un nutriente esencial en el organismo humano, cerca del 90% proviene del cloruro de sodio (NaCl), o sal común (OMS, 2016). Este tiene entre sus funciones el mantenimiento de la homeostasis de fluidos del organismo, favorece la contracción muscular, regula el ritmo cardiaco, y permite regular el contenido de agua en el organismo (Totosaus, 2007). A pesar de sus múltiples funciones, el consumo excesivo de sodio está asociado con enfermedades cardiovasculares, las cuales son actualmente una de las principales causas de muerte en el mundo (OMS, 2015).

En la actualidad la mayor parte de las dietas contienen un exceso de sal, esto debido a que productos como cereales de desayuno, embutidos, productos de panadería, queso, salsas y aderezos, tienen un alto contenido de NaCl añadida durante el procesamiento. Esto ha provocado que se ingieran más de 5 g de sal diarios por persona, lo cual, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es lo ideal (2014). En países como Estados Unidos el consumo promedio de sal diario por persona es de 8,5 g, lo cual se aleja de lo que se sugiere (FDA, 2016). En Costa Rica la realidad no es diferente, ya que se ingiere un promedio de 11,5 g de sal diarios, lo cual equivale a más del doble de la cantidad recomendada (Ministerio de Salud, 2018).

Dada la problemática del alto consumo de sodio en el país, en el 2011 se creó el Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sal / Sodio 2011-2021. Este tiene como objetivo lograr la reducción del consumo de sal y sodio en la población nacional, además promueve la disminución del contenido de este mineral en productos procesados y preparados, esto para alcanzar la ingesta diaria recomendada por la OMS (Ministerio de Salud, 2011).

## **3.2. MAYONESA**

### **3.2.1. GENERALIDADES**

La mayonesa es uno de los aderezos más populares en el mundo y uno de los 50 productos más consumidos en Costa Rica (INEC, 2013). Este consiste en una emulsión de aceite en agua, en donde la fase dispersa corresponde al aceite y la continua a la mezcla de huevo, vinagre o jugo de limón, sal, azúcar, diferentes especias y agua. La emulsión se forma al mezclarse el aceite con la pre mezcla de los componentes que constituyen la fase continua (Widerström & Öhman, 2017). El ingrediente clave para que se forme la emulsión es la yema de huevo, esto se debe a que posee una alta capacidad emulsificante, la cual se relaciona con la presencia de fosfolípidos, lipoproteínas y proteínas no asociadas (Ghazaei *et al*, 2015).

Se pueden encontrar diferentes normas que mencionan el porcentaje en el que deben encontrarse algunos componentes para poder denominarse un producto como mayonesa. Algunos de los países que cuentan con este tipo de reglamentación son Costa Rica (NCR 207: 1992), Guatemala (NGO 34 142) y el Salvador (NSO: 67.62.07.09). Uno de los puntos más importantes que se menciona en estas normas es el porcentaje de grasa que debe tener una mayonesa, el cual corresponde a un mínimo de 70% m / m en Costa Rica y El Salvador un 65% en Guatemala. También se destaca que el contenido de yema de huevo técnicamente puro (se tolera un 20% de albúmina en la yema) debe ser mínimo de 6% m / m.

### **3.2.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS**

#### **3.2.2.1. pH**

Para que el aderezo conserve su calidad microbiológica es necesario que presente un pH ácido, el cual suele ser menor a 4,0 (Depree & Savage, 2001). Este valor es causado ante todo por la presencia de ácido acético o ácido cítrico. Además, estos

ingredientes contribuyen al sabor y aroma característicos de la mayonesa (Yang & Lal, 2003).

### **3.2.2.2. VISCOSIDAD**

Las mayonesas son productos con una viscosidad elevada, la cual es resultado de la formación de la emulsión. Según Depree & Savage (2001), la viscosidad de estos aderezos se encuentra normalmente alrededor de 150000 cP y es un indicativo de que se ha realizado en forma correcta la emulsión, de lo contrario el valor de viscosidad obtenido sería similar al del aceite.

### **3.2.2.3. COLOR**

Al igual que la viscosidad, el color es una característica que se relaciona con la formación correcta de la emulsión. Una mayonesa formada adecuadamente presenta un color amarillo pálido, mientras que si no hay formación de emulsión el color es blanco (Widerström & Öhman, 2017). Además Kovalcuks *et al* (2016) encontraron que existe una fuerte correlación entre la concentración de yema de huevo y el color amarillo. La mayonesa comúnmente presenta valores de L\* altos, a\* cercanos a 0 y b\* positivos (Kovalcuks *et al*, 2016).

### **3.2.2.4. ACTIVIDAD DE AGUA**

La actividad de agua ( $a_w$ ) de la mayonesa es una característica que se encuentra influenciada por la naturaleza y concentración de los compuestos en la fase acuosa; ejemplos de estos compuestos son sal, azúcares y ácido acético. Este valor por lo común se encuentra alrededor de 0,93 y no está relacionado de ninguna forma con la relación aceite / agua de la emulsión (Chirife *et al*, 1989).

### **3.2.3. PROCESAMIENTO**

La producción de mayonesa se basa en la mezcla de las materias primas y formación de una emulsión. Inicialmente se deben unir las materias primas solubles en agua y posteriormente añadir el aceite lentamente bajo agitación vigorosa. Para la formación de la emulsión es necesario el uso de mezcladores de alta cizalla o velocidad, que causen una reducción en el tamaño de las gotas de aceite.

La alta viscosidad en la emulsión se debe a la floculación de gotas de aceite adyacentes, lo cual forma una red en donde las interacciones se basan en fuerzas de Van der Waals (Rojas, 2012). La calidad de la emulsión depende en gran medida del equilibrio correcto de estas fuerzas, de manera que si la atracción es muy fuerte las gotas se unirán y se dará coalescencia, y en el caso de que las fuerzas sean muy débiles las gotas se deslizarán muy fácil una sobre otra y se producirá una baja viscosidad. Además es importante destacar que para la formación de la estructura básica de este aderezo es necesaria la utilización de un emulsificante, que por lo general es la yema de huevo (Paananen, 2017).

#### **3.2.3.1. MATERIAS PRIMAS**

##### **3.2.3.1.1. ACEITE**

El aceite constituye el principal ingrediente en la mayonesa, ya que como se mencionó anteriormente, conforma más de un 65% del aderezo. La viscosidad, el comportamiento viscoelástico y la estabilidad de la mayonesa dependen en gran medida a la cantidad de aceite presente. Además este ingrediente afecta de manera importante características sensoriales, ya que aporta la apariencia cremosa y sabor (Widerström & Öhman, 2017). Se utilizan aceites de soya, girasol o maíz y es importante que estos posean un sabor neutral (Alves *et al*, 2017).

#### **3.2.3.1.2. HUEVO**

La yema de huevo es el principal emulsificante de la mayonesa, lo cual se da al recubrir la superficie de las gotas de aceite (Widerström & Öhman, 2017). Esta capacidad está sobre todo determinada por la cantidad de proteínas de baja densidad (LDL por sus siglas en inglés), livetinas y fosfovitina (Anton, 2013). La capacidad emulsificante en este caso sigue un mecanismo asociativo, lo cual indica que la interfase está formada por varios emulsionantes, por lo que su naturaleza es heterogénea. La primera etapa consiste en el transporte convectivo del emulsificante desde la fase continua a la interfase, posteriormente se da la adsorción en la interfase y al final se da una reorganización de la estructura (desnaturalización), lo cual implica cambios conformacionales para optimizar las interacciones hidrofílicas e hidrofóbicas (Muñoz *et al*, 2007).

#### **3.2.3.1.3. VINAGRE**

El vinagre, compuesto principalmente por ácido acético, es de suma relevancia en la mayonesa ya que es el encargado de reducir el pH manteniendo la calidad microbiológica y aumentando su vida útil (Widerström & Öhman, 2017). Además previene la rancidez y proporciona al aderezo el sabor característico contribuyendo así a las propiedades sensoriales (Alves *et al*, 2017).

#### **3.2.3.1.4. AZÚCAR**

El azúcar contribuye a reducir el  $a_w$  por lo que evita el crecimiento microbiano, además este ingrediente permite contrastar el fuerte sabor ácido dado por el ácido acético (Widerström & Öhman, 2017).

### **3.2.3.1.5. SAL**

La sal actúa como preservante en los alimentos ya que disminuye la actividad de agua, lo cual es un requisito para el crecimiento de algunas especies de bacterias. La forma en la que se logra esta inhibición del crecimiento microbiano se da cuando el aumento en la presión osmótica ocasiona una deshidratación en las bacterias, produciéndoles la muerte o previniendo su desarrollo y proliferación (Durack *et al*, 2008). Además, según Alves *et al* (2017) debido a que la sal se encuentra en la fase acuosa (la cual es menor que la fase oleosa en la mayonesa), termina teniendo una alta concentración, lo cual se traduce en dificultad de crecimiento microbiano. Por otro lado, la adición de sal mejora la textura, palatabilidad, potencia sabores o reduce otros como la amargura de los alimentos (Ravishankar & Juneja, 2000).

Específicamente en la mayonesa, la sal mejora la calidad y estabilidad de la emulsión. Lo anterior lo logra al dispersar de mejor forma la yema de huevo y aumentar el área superficial del material tensoactivo. Además neutraliza las cargas de las proteínas, lo cual permite que la lipovitulina absorba agua, fortalezca la capa de la superficie de las gotas de aceite y causa que las gotas de aceite adyacentes posean una interacción más fuerte. En el caso de que se añada un exceso de sal, las proteínas de la yema de huevo se quedarán en la fase continua y no recubrirán las gotas de aceite, lo cual implica que no ocurra la correcta formación de la emulsión (Paananen, 2017). Respecto a la parte sensorial, la sal es de suma importancia ya que esta es capaz de enmascarar en cierto modo la acidez que provoca el vinagre, equilibrando así los sabores (Widerström & Öhman, 2017).

## **3.3. ANÁLISIS SENSORIAL**

### **3.3.1. GENERALIDADES**

El análisis sensorial es una ciencia que se utiliza para analizar, evocar, medir e interpretar las reacciones causadas por características de los alimentos, que son percibidas por medio de los sentidos del gusto, vista, olfato, tacto y oído (Lawless &

Heymann, 2010). Los métodos sensoriales se pueden clasificar en tres tipos (discriminativos, descriptivos y afectivos), según la información que se requiera obtener. Las pruebas discriminativas son utilizadas cuando se quiere saber si hay una diferencia perceptible entre dos productos. Las pruebas descriptivas por su parte, sirven para identificar características de un alimento y tratar de definir las de manera objetiva. Las pruebas afectivas indican la preferencia o aceptabilidad de los productos (Oliva *et al.*, 2009).

Al desarrollar un producto hiposódico muchas veces se ve afectada la aceptabilidad del mismo por parte de los consumidores (Cubero *et al.*, 2019). Es por esto que se han utilizado las pruebas sensoriales para reducir el contenido de sodio sin que esta diferencia sea perceptible para el consumidor.

### **3.3.2. UMBRALES**

Los umbrales son pruebas utilizadas para determinar el potencial de las sustancias a bajas concentraciones para impartir sabor, olor u alguna característica de interés. Existen varios tipos de umbrales: el umbral absoluto de detección es el estímulo más bajo capaz de producir una sensación; el umbral de reconocimiento es el nivel de un estímulo específico en donde éste puede ser reconocido; el umbral de diferencia es la magnitud del cambio en el estímulo necesario para producir una diferencia perceptible; y el umbral máximo es el nivel de un estímulo por el encima del cual no se percibe ningún cambio en la intensidad (Rodríguez, 2017).

El umbral de diferencia apenas perceptible (DAP) se determina generalmente por medio de pruebas de discriminación, en donde se presenta un estímulo constante que luego se compara con un estímulo variable de concentraciones mayores y menores al nivel de referencia (Lawless & Heymann, 2010). Al panelista se le pide que escoja la muestra con la mayor intensidad del estímulo. Es importante destacar que los incrementos de concentración entre los estímulos variables no pueden ser de la misma magnitud, esto debido a que el ser humano no percibe los cambios en forma lineal. Dado lo anterior, las concentraciones intermedias se encuentran al multiplicar la concentración más baja por un factor elegido (Pacheco, 2018).

Para determinar el DAP se procede a elaborar la curva psicofísica en donde se grafica en el eje x la cantidad de panelistas que seleccionaron como más intensa la muestra diferente al estímulo constante, y en el eje y las concentraciones de los estímulos variables. Posterior a la elaboración de la curva psicofísica se procede a calcular la línea de regresión. Se interpolan las concentraciones de sodio correspondientes a los puntos 87,5% ( $X_2$ ) y 62,5% ( $X_1$ ) del eje y. Seguidamente, este valor se divide entre un factor de dos para obtener el umbral de diferencia (Lawless & Heymann, 2010).

Anteriormente se han realizado reducciones de sodio en diferentes productos utilizando umbrales como método para encontrar la diferencia apenas perceptible. Un ejemplo de esto es la investigación de Benavides (2017), en donde se encontró que es posible reducir de un 1,80% a un 1,46% de sal en la formulación de pan blanco de molde, sin que sea rechazado por el consumidor. Además, un estudio en queso fresco, con la misma metodología, determinó que se puede realizar una reducción de un 31,2% de sal en el producto (Pacheco, 2018). En otra investigación realizada por Cubero *et al* (2019) analizaron el uso de umbral de diferencia para reducir la sal de tres productos cárnicos (chorizo cocido, salchichón regular y salchichón reducido en grasa) y encontraron que se puede realizar una reducción de NaCl de 18,5% a 22,0% sin que los consumidores perciban la diferencia.

Además es importante destacar la importancia de las leyes psicofísicas, ya que estas dictan la forma en la que el ser humano percibe los diferentes estímulos. Uno de los científicos que se dedicó a trabajar en esta área es Weber, el cual junto a Fechner logran establecer una ley que indica que la percepción sensorial no cambia linealmente, si no que es proporcional al logaritmo de la intensidad del estímulo (Cubero *et al.*, 2019). Esto tiene como consecuencia la elección de factores a la hora de realizar pruebas de umbrales.

### 3.3.3. PRUEBAS DE DISCRIMINACIÓN: 2-AFC

Las pruebas de discriminación son utilizadas para determinar si entre dos productos existe alguna diferencia perceptible. Para la aplicación de esta prueba la diferencia entre las muestras debe ser pequeña o confundible.

Uno de los protocolos más utilizados es el 2 Escogencia Forzada Alternativa (2-AFC por sus siglas en inglés). Se presentan dos muestras y el panelista está obligado a seleccionar cual presenta el estímulo en mayor intensidad, aunque esta tenga que ser al azar. En este caso, la probabilidad de acertar es de  $p = 0,5$  (Ennis *et al*, 2014). En la prueba 2-AFC al panelista se le presentan dos muestras diferentes y se le solicita elegir aquella que posea mayor o menor intensidad de un atributo especificado (salado, dulce u otros). Las muestras deben estar balanceadas y aleatorizadas durante el experimento. Esta es una prueba direccionada ya que al juez se le especifica cual es la diferencia que debe encontrar (Lawless & Heymann, 2010).

Por otro lado, en las pruebas de discriminación es común utilizar “*primers*” o iniciadores, los cuales corresponden a muestras que son probadas al inicio y además igualan las condiciones en las que son probadas las muestras (Lee *et al*, 2009).

Estas pruebas por lo general se realizan como una forma de validar los resultados obtenidos mediante una prueba de umbrales. En el caso de realizar una reducción de sodio utilizando el umbral de diferencia apenas perceptible es importante hacer posteriormente una validación de la reducción con una prueba 2-AFC, en donde se evalúe la muestra reducida en sodio contra otra de concentración estándar y determinar si existen diferencias entre ambas.

En los casos en los que se encuentran diferencias en la prueba de discriminación se suele adicionar una prueba de agrado. Esta última por lo común se realiza con 75 a 150 consumidores habituales del producto evaluado. Tiene como fin identificar segmentos o conglomerados de personas a los cuales les agrada diferentes tipos de producto, o bien, determinar que factores influyen en el agrado del producto. De

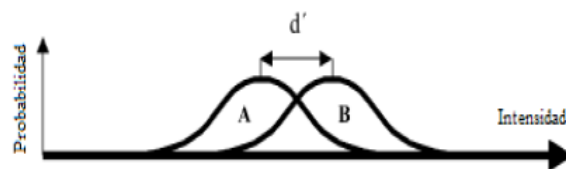
esta forma se puede obtener información sobre segmentos de personas en los que la aceptabilidad del producto se ve intervenida por factores como cantidad de sal, ingredientes diferentes dentro de la formulación o características fisicoquímicas (Lawless y Heymann, 2010).

### 3.3.4. MODELACIÓN THURSTONINA

La modelación thurstoniana permite dar un mejor análisis de resultados a las pruebas de discriminación. Esto se logra mediante el cálculo del valor  $d'$ , cual es un índice que permite describir el grado de diferencia entre dos productos. De esta forma un mayor de  $d'$  representa una mayor diferencia entre ambos (Olivas *et al*, 2009).

Esta modelación se basa en que por efectos fisiológicos o por falta de homogeneidad en la muestra, cada vez que se prueba un producto, su sabor varía de intensidad. Por otro lado, al realizar pruebas de diferencia se da una regla de decisión o estrategia cognitiva la cual permite tomar la decisión, por lo que el modelo thurstoniano elucidó que la prueba 2 – AFC es la más sensible para encontrar diferencias. (O'Mahony & Rousseau, 2002).

Por lo anterior, dos estímulos con pocas diferencias pueden representarse por dos distribuciones que se traslapan, tal y como se muestra en la Figura 1:



**Figura 1.** Representación de la diferencia / similitud entre dos estímulos (O'Mahony & Rousseau, 2002).

La distancia entre las medias de las distribuciones en términos de desviaciones estándar es a lo que se le denomina valor  $d'$ , y esto representa el grado de

diferencia entre los estímulos evaluados. Además este valor permite comparar que tan fácil los consumidores perciben la diferencia. Normalmente se recomienda utilizar un  $d' = 1$  puesto que corresponde a aproximadamente el 75% de aciertos, lo cual a su vez corresponde con la definición de umbral (Rosseau, 2015)

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. LOCALIZACIÓN**

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) y del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). El desarrollo de la mayonesa se realizó en las instalaciones de la Planta Piloto del CITA. Los análisis sensoriales tuvieron lugar en el laboratorio de análisis sensorial de la ETA. Todo lo anterior se encuentra ubicado en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica en San Pedro de Montes de Oca.

### **4.2. MATERIAS PRIMAS**

Las materias primas utilizadas fueron las comunes en la elaboración de mayonesa. Para identificar las materias primas a utilizar se realizó un estudio preliminar en el cual se mapearon las mayonesas existentes en el mercado costarricense y sus respectivos ingredientes. En este estudio se encontraron que las siguientes marcas de mayonesa son las más comunes en el mercado nacional: Banquete, Lizano, Great Value, Heinz, Hellman's y Sabemás. Adicionalmente, se identificaron los siguientes productos como las principales materias primas que son utilizadas en la producción de mayonesa: aceite, vinagre, huevo, sal y azúcar. Los mismos fueron adquiridos a proveedores nacionales de ingredientes alimentarios.

### **4.3. METODOLOGÍA**

#### **4.3.1. CARACTERIZACIÓN DE MAYONESAS DEL MERCADO NACIONAL Y FORMULACIÓN DE MAYONESA BASE**

##### **4.3.1.1. PRUEBAS PRELIMINARES**

Con el fin de identificar las mayonesas presentes en el mercado costarricense, se realizó un sondeo en ocho supermercados del Gran Área Metropolitana: Palí, Más x Menos, Walmart, Perimercados, Auto Mercado, Mega Súper, AM PM y Fresh Market. El sondeo se realizó del 18 de agosto al 22 de septiembre del 2018, por lo cual, las marcas de mayonesa presentes en el mercado después de este periodo no se incluyen en el presente estudio. Es importante destacar que para definir los productos utilizados se aplicó la definición de mayonesas descrita por el Reglamento Nacional para Mayonesas Decreto N° 22020- MEIC NCR 207:1992 (MEIC, 2019). Del sondeo realizado en el mercado nacional, se procedió a escoger el tipo de mayonesa (tradicional, *light*, con limón, entre otras) más común y a partir de esto se procedió a escoger las materias primas más utilizadas.

##### **4.3.1.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MAYONESAS COMERCIALES**

Las mayonesas obtenidas en el mercado se caracterizaron fisicoquímicamente, analizando tres lotes (tres réplicas) distintos de cada una, según la fecha, hora y lote de producción reportado en la etiqueta de cada producto. Estos análisis se eligieron según lo mencionado por Panaanen (2017). Las mayonesas seleccionadas fueron caracterizadas fisicoquímicamente mediante la medición de pH, viscosidad, color, actividad de agua y contenido de sodio (valor reportado en etiqueta y valor obtenido experimentalmente), tal y como se describe a continuación.

#### **4.3.1.2.1. pH**

La determinación de pH se realizó utilizando un pHmetro de marca Metrohm (modelo 827 pH lab) mediante el procedimiento “AOAC 981.12” (AOAC, 2016), el cual indica que se debe esperar a que se equilibre la temperatura de la muestra con el ambiente, para luego agregar 5 mL de agua, agitar y sumergir los electrodos.

#### **4.3.1.2.2. COLOR**

La medición de color se realizó por medio del sistema Hunter Lab con el equipo de marca Color Flex y modelo 45/0, en donde primero se procedió a realizar la calibración con tres patrones: blanco, negro y verde. Seguido se procedió a determinar las coordenadas rectangulares: L (luminosidad) donde 0 es el negro y 100 es el blanco, a (rojo-verde); valores positivos para rojo, negativos para verde y 0 el neutro y b (eje amarillo-azul) valores positivos para amarillo, negativos para azul y 0 para el neutro.

#### **4.3.1.2.3. VISCOSIDAD**

Para esta medición se utilizó el viscosímetro Synchroelectric de Brookfield. Este instrumento está calibrado de tal manera que la lectura da directamente la viscosidad en centipoises (cp). El uso de este instrumento se realizó según lo indicado en el Manual de usuario (Brookfield Engineering Laboratories, 1961). Para realizar la medición, se colocó una muestra de 500-600 g de mayonesa en un beaker. En el equipo se colocó el usillo R7 y se sumergió en la muestra. Se ajustó la velocidad a 5 rpm, se esperó un minuto y se verificó que el valor dado se encontrara dentro del rango recomendado por el manual.

#### **4.3.1.2.4. ACTIVIDAD DE AGUA**

Para la determinación de la actividad de agua ( $a_w$ ) se utilizó el equipo AquaLab

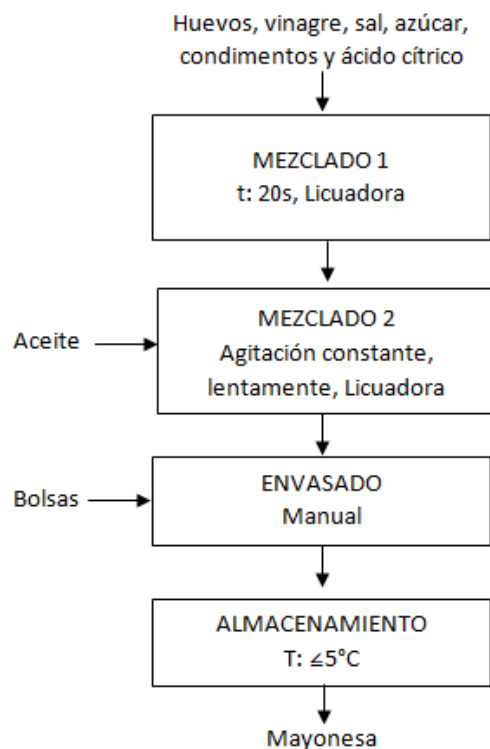
serie 4TE. Se debió primero verificar la calibración del equipo con dos estándares que cubrían el rango de  $a_w$  de la muestra (LiCl 8,5 m y NaCl 6 m). Para realizar la medición de la muestra se llenó el porta muestra con aproximadamente 7 mL de mayonesa, asegurando que el borde y las paredes externas quedaran completamente limpios. Lo anterior se realizó mediante el procedimiento “AOAC 978.18” (AOAC, 2016).

#### **4.3.1.2.5. CONTENIDO DE SODIO**

El análisis del contenido de sodio se realizó por un método de emisión atómica. Esto con disoluciones realizadas con las cenizas de las muestras, a las cuales se les agrega ácido clorhídrico y cloruro de cesio, con sus respectivas diluciones descritas en el procedimiento “AOAC 987.02” (AOAC, 2016).

#### **4.3.1.3. FORMULACIÓN DE LA MAYONESA MODELO**

Para el desarrollo de la mayonesa modelo, se utilizaron los ingredientes especificados en Decreto N° 22020- MEIC NCR 207:1992 del reglamento nacional de mayonesas y que además son especificados es el apartado 3.2 de este documento. Asimismo, se siguió el diagrama de flujo descrito en la Figura 1.



**Figura 2.** Diagrama de flujo para elaboración de mayonesa modelo.

La primera etapa para la elaboración de la mayonesa es el mezclado de los ingredientes, en donde se añadieron primero los huevos, seguido de las especias, azúcar, vinagre, ácido cítrico y sal. Una vez que esta mezcla estuvo homogénea, se continuó agregando el aceite poco a poco con agitación constante. Cuando se obtuvo la textura adecuada en la mayonesa (formación de la emulsión), se procedió a empacar en bolsas plásticas limpias y se almacenó en refrigeración.

La mayonesa modelo preparada para este estudio debió cumplir con valores fisicoquímicos máximos y mínimos comunes a los productos disponibles en el mercado nacional. En búsqueda de este fin, se realizaron 5 variaciones de la formulación hasta obtener características dentro de estos rangos. Al producto terminado, se le aplicaron los análisis descritos en la sección 3.3.1.2 de este documento. En el Cuadro I se muestra la formulación utilizada para la mayonesa modelo.

**Cuadro I.** Formulación de la mayonesa modelo.

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Aceite	73,0
Huevo	12,5
Vinagre	11,5
Sal	1,8
Azúcar	1,0
Ácido cítrico	0,1
Especias (ajo)	0,1

Para confirmar que la mayonesa modelo preparada era inocua y apta para el consumo por parte de los panelistas, antes de las pruebas sensoriales se procedió a realizar análisis microbiológicos (muestras triplicadas), en donde se analizó la presencia de *Salmonella* sp. a través de lo indicado en el BAM (Bacteriological Analytical Manual) (Andrews *et al.*, 2011), *Escherichia coli* genérica mediante el método de NMP (Feng *et al.*, 2002) y *Listeria monocytogenes* por el método tradicional (Hitchins & Jinneman, 2017).

#### **4.3.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para los productos comerciales, los valores medidos de pH, viscosidad, color y actividad de agua se evaluaron mediante un análisis de varianza, seguido de una prueba de comparación de medias (Tukey HSD). De esta manera se pudo determinar si existen diferencias entre las mayonesas comerciales analizadas, para las características mencionadas. Para el caso de la comparación del contenido de

sodio contra el valor reportado en la etiqueta de cada producto, se determinó si lo reportado se encuentra dentro de los intervalos de confianza del valor obtenido de manera experimental. Se utilizó el programa JMP ® Pro 11 con un nivel de significancia de un 95%, por lo que se consideró que si la probabilidad es menor a 0,05, existen diferencias significativas.

Se realizó el cálculo de la potencia (1-beta) para el parámetro  $a^*$  de color, que corresponde a la probabilidad de rechazar una hipótesis nula siendo falsa, en caso de no obtener diferencia significativa en algún análisis. La potencia se calculó utilizando la ecuación (2), en donde  $n$  es el número de muestras analizadas,  $Z_a$  es el valor estándar de  $z$  para alfa de 0,05 (1,96),  $Z_b$  es el valor estándar de  $z$  para beta,  $s$  es la desviación estándar de las muestras analizadas y  $d$  es la diferencia mínima por detectar:

$$n = \frac{(Z_a + Z_b)^2 \times (s)^2}{(d)^2} \text{ Ecuación (1)}$$

## **4.3.2. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA PARA EL CONTENIDO DE SAL DE LAS MAYONESAS**

### **4.3.2.1. PREPARACIÓN DE MUESTRAS**

Se colocaron aproximadamente 3 g de mayonesa en un trozo de *chip* de tortilla horneado sin sal. Cada muestra fue etiquetada con un número de tres dígitos escogido aleatoriamente para cada una.

Las muestras fueron balanceadas y aleatorizadas, haciendo uso del programa FIZZ, para eliminar el sesgo causado por el orden y presentación. Se presentaron en cabinas independientes y se utilizó luz roja para evitar sesgo en los panelistas por posibles cambios de color debido a las diferentes concentraciones de sal en la mayonesa.

Las muestras se presentaron en cabinas individuales, con paredes blancas, asientos cómodos y a la altura apropiada. Además, se contó con ventilación para evitar la acumulación de olores. Las muestras se almacenaron en refrigeración (temperatura menor o igual a 5°C) y fueron temperadas a la temperatura del laboratorio previamente a la realización del panel.

#### **4.3.2.2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE SODIO DE LOS ESTÍMULOS PRESENTADOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE DIFERENCIA**

Se siguió el procedimiento descrito por Lawless y Heymann (2010). Para determinar los extremos superior e inferior de las concentraciones de sal, se procedió a realizar una prueba preliminar con un panel informal de cinco personas.

Los panelistas debieron identificar la concentración más baja a la cual el sabor salado todavía puede ser fácilmente percibido y la concentración más alta que todavía puede tolerarse en el producto. Se determinó un 0,5% de sal añadida como la concentración más baja que podía detectarse como salado en la mayonesa y 2,5% como la concentración de sal más alta que podía ser tolerada en un producto de esta naturaleza. Las concentraciones intermedias se identificaron dividiendo la concentración superior por un factor constante de 1,3, definido en conjunto con el comité asesor y asesoría especializada externa (ETA), hasta obtener seis puntos en la curva con diferencias de concentración iguales en la escala logarítmica. En el Cuadro II se muestran las concentraciones de sal elegidas para determinar el DAP.

**Cuadro II.** Porcentaje de sal en mayonesa para determinación de la DAP con la prueba de umbrales, en comparación con el estímulo constante.

<b>Posición</b>	<b>Porcentaje de sal (%)</b>
1	0,78

**Continuación de Cuadro II.** Porcentaje de sal en mayonesa para la determinación de la DAP con la prueba de umbrales, en comparación con el estímulo constante-

<b>Posición</b>	<b>Porcentaje de sal (%)</b>
2	0,88
3	1,14
4	1,48
5	1,92
6	2,50

Finalmente, la concentración constante se definió en conjunto con el comité asesor y asesoría especializada externa (ETA), estableciéndose así en 1,8%, la cual es el promedio de concentración de sal utilizada en las mayonesas comerciales. El estímulo constante suele ser la concentración intermedia utilizada y deben haber tanto concentraciones superiores como inferiores para hacer la curva psicofísica.

#### **4.3.2.3. DETERMINACION DEL UMBRAL DE DIFERENCIA (DAP)**

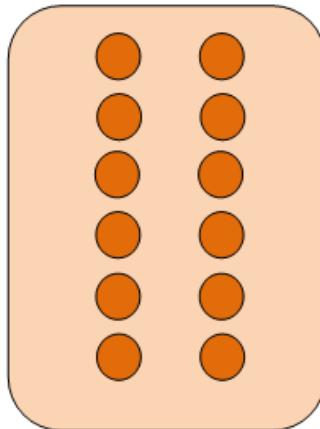
##### **4.3.2.3.1. MÉTODO DE ANÁLISIS**

Las muestras de mayonesa se elaboraron 10 días antes de la ejecución de los paneles. Para las seis concentraciones (0,78%, 0,88%, 1,14%, 1,48%, 1,92% y 2,50%) de sal, se colocaran 400 g en una bolsa plástica limpia y se almacenaron en refrigeración hasta el momento de la evaluación.

Para la evaluación se utilizó la prueba de escogencia forzada 2-AFC con la utilización de un iniciador (concentración de sal menos intensa), por lo que

adicionalmente se presentaron 6 trozos de tortilla horneada sin sal con aproximadamente 3 g de mayonesa sobre la misma, para que se probara antes de cada par de muestras. La prueba se realizó con 40 panelistas no entrenados, consumidores habituales de mayonesa y se tomó en cuenta un  $d' = 1$ ,  $\alpha = 0,05$  y una potencia de 0,95, según las tablas de Ennis (2013).

Se presentaron seis pares de muestras de mayonesa de las cuales un componente del par corresponde a la muestra con diferente concentración de sal y el otro componente del par corresponde al estímulo constante (1,8%), tal como se muestra en la Figura 3. Cada par de muestras se balanceo en el orden de presentación para cada panelista y las dos muestras del par se aleatorizaron.



**Figura 3.** Forma de presentación de los estímulos en el panel de umbrales.

Se le solicitó a los participantes indicar cuál muestra de cada par considera la más salada, consumir por completo las muestras dadas y entre cada par de muestras una vez que sean tragadas, realizar un enjuague con agua a 55°C para evitar acarreamientos o adaptación del estímulo y que se puedan provocar errores en los resultados.

#### **4.3.2.4. ANÁLISIS DE DATOS**

Para el análisis de datos se utilizó un diseño estadístico irrestricto aleatorio, unifactorial, donde el factor corresponde a la concentración de sodio. Se hicieron

40 repeticiones correspondientes al número de panelistas que participaron en la prueba sensorial y 6 tratamientos (0,78%, 0,88%, 1,14%, 1,48%, 1,92% y 2,50% de sal). La variable respuesta fue el número de veces que se escogió la muestra de otra concentración de sal diferente al estímulo constante como la más salada del par degustado (número de aciertos).

Para estimar el umbral de detección del sabor salado se graficó el porcentaje de veces que se escogió como más salada la muestra con diferente porcentaje de NaCl (eje Y) contra el porcentaje de NaCl (eje X). Después se procedió a calcular la línea de regresión y determinar la diferencia apenas perceptible (DAP). Para lo anterior se procedió a interpolar las concentraciones de sodio correspondientes a los puntos 87,5% ( $X_2$ ) y 62,5% ( $X_1$ ) del eje Y, seguido este valor se dividió entre un factor de dos para obtener el umbral de diferencia. A continuación se presenta la ecuación (3) correspondiente al DAP:

$$DAP: \frac{X_2 - X_1}{2} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Una vez determinado el DAP, se tomó la concentración de sal de la mayonesa modelo y se le restó este valor, que corresponde a la máxima disminución de sal que se puede realizar en el producto. Sin embargo, esta concentración se disminuyó en 0,03% (Cubero, comunicación personal, 19 de Septiembre del 2018). Lo anterior para tomar en cuenta la sensibilidad del panelista y además para asegurarse que la disminución de sodio no fuera perceptible, ya que se quería que la reducción de sodio en la mayonesa tuviera pocas posibilidades de ser detectada por el consumidor.

### **4.3.3. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO DE MAYONESA**

#### **4.3.3.1. MÉTODO DE ANÁLISIS**

Con el fin de asegurar que la reducción de sodio calculada no sea detectada por el consumidor, se aplicó una prueba de discriminación 2-AFC a 50 consumidores regulares de mayonesa, no entrenados, tomando en cuenta un  $d' = 1$ , un  $\alpha = 0,05$  y una potencia = 0,95, estos según las tablas de Ennis (2013). Las muestras se prepararon de la misma forma que en la sección 3.3.2.1.

Durante la prueba se presentaron al consumidor pares de muestras reducidas en sodio-estándar (EC) y se le solicitó que seleccionara la más salada. Adicionalmente se presentó un par de muestras de mayonesa reducida en sodio y en acidez (reducción de 5%) contra una muestra de mayonesa modelo. Todas las muestras fueron presentadas sobre trozos de tortillas horneadas sin sal, codificadas con números de tres dígitos, siguiendo el esquema de la Figura 1 y la misma mecánica descrita para el panel anterior.

#### **4.3.3.2. ANÁLISIS DE DATOS**

Se utilizó un diseño experimental irrestricto aleatorio de un factor con dos niveles (formulación reducida y formulación sin reducir) y se tomaron en cuenta 50 repeticiones correspondientes al número de panelistas que participaron en la prueba sensorial. La variable respuesta fue la cantidad de veces que se escogió como más salada la muestra con mayor porcentaje de sodio (número de aciertos).

#### **4.3.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para analizar los resultados de la prueba de discriminación se aplicó un análisis binomial de una cola para determinar si existe o no diferencia entre los pares de

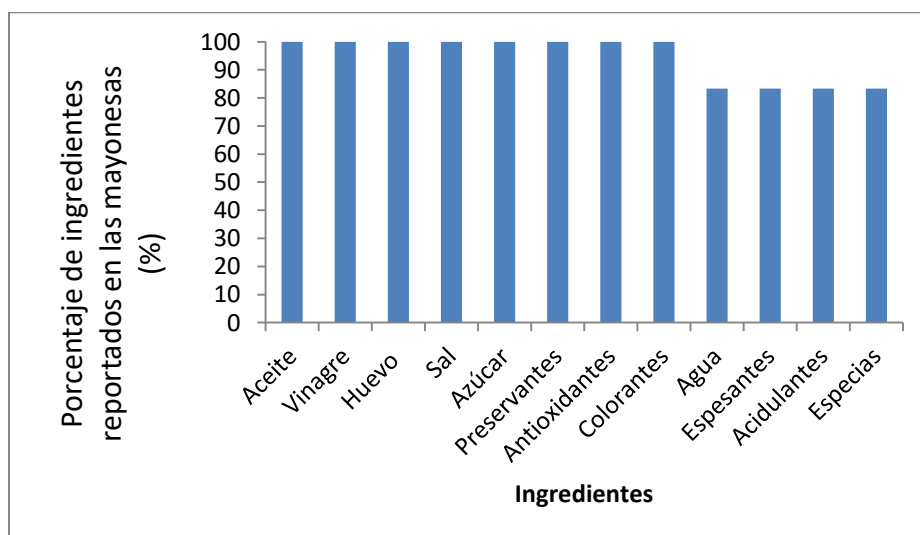
muestras. Se utilizó una probabilidad de 0,05, y se calculó el d' utilizando las tablas de Ennis (2013).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. CARACTERIZACIÓN DE MAYONESAS DEL MERCADO NACIONAL Y FORMULACIÓN DE MAYONESA BASE

Como parte del análisis realizado para la presente investigación, se procedió a seleccionar los ingredientes más frecuentes que se utilizan en la elaboración de mayonesas que se encuentran disponibles en el mercado nacional.

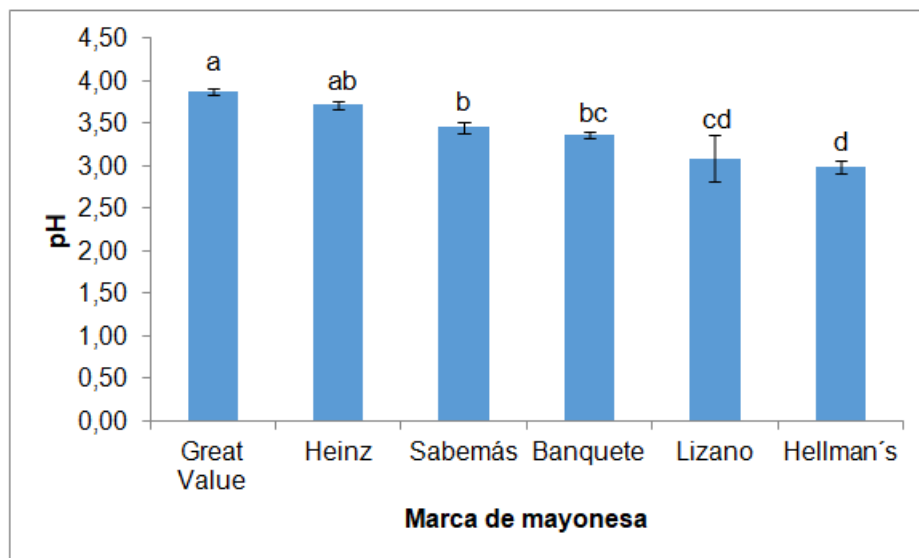
Las mayonesas del mercado nacional poseen mayoritariamente: aceite, vinagre, huevo, sal, azúcar, preservantes como sorbato de potasio, antioxidantes como EDTA, colorantes como betacaroteno, agua, espesantes como goma xanthán y arábica, ácido cítrico y fosfórico como acidulantes y especias como ajo, cebolla y pimienta. La Figura 4 muestra el porcentaje de los ingredientes reportados como utilizados en las mayonesas.



**Figura 4.** Porcentaje de ingredientes utilizados en la elaboración de mayonesas del mercado nacional.

En la Figura 5 se muestra que las mayonesas del mercado costarricense presentan un rango de pH entre 3 y 4. Esta es una característica que se ve afectada principalmente por el porcentaje de vinagre u otros acidulantes (ácido cítrico, ácido fosfórico) presentes en el producto, por lo que, mayonesas como Great Value y Heinz, probablemente presentan un porcentaje menor de estos ingredientes. Además, el pH de la mayonesa puede aumentar debido a la cantidad de clara de huevo, ya que esta tiene un pH alrededor de 8 (Hernández et al., 2013).

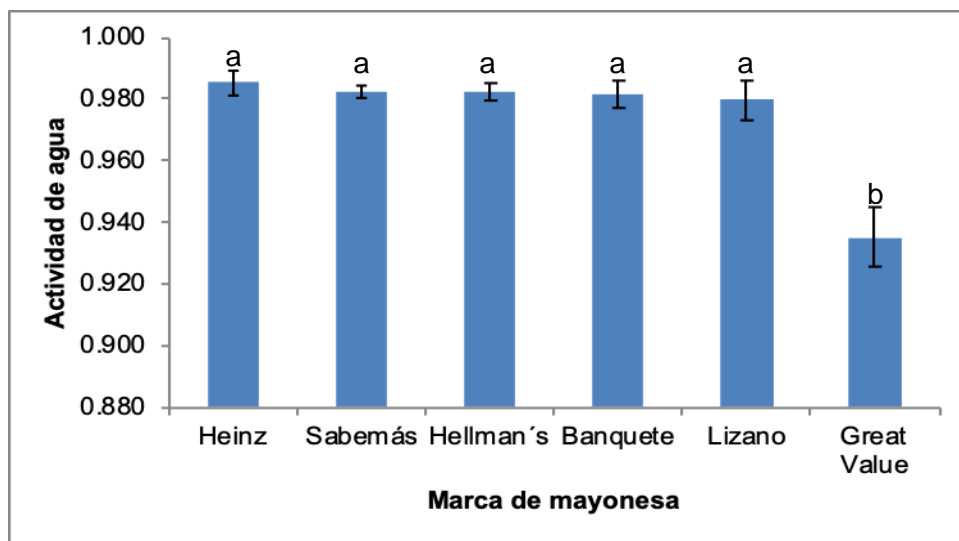
Al aplicar un análisis de varianza se revela que los valores promedio de pH de las mayonesas son significativamente diferentes entre si ( $p \leq 0,05$ ). La prueba de Tukey mostró que existen cuatro grupos de mayonesa en los cuales no existen diferencias significativas respecto a pH. El primero integrado por Great Value y Heinz; el segundo por Heinz, Sabemás y Banquete; el tercero por Lizano y Banquete; y el último por Lizano y Hellman's. Es importante destacar que las mayonesas marca Hellman's y Lizano son elaboradas por la misma empresa, al igual que Heinz y Banquete; lo cual explica que estas posean características fisicoquímicas similares.



**Figura 5.** Valores promedio de pH de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo 22/08/2018 – 18/09/2018.

(n=3, las barras de error indican la desviación estándar, las mismas letras sobre las barras indican que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios, Tukey,  $p \leq 0,05$ )

Las mayonesas del mercado nacional presentan una actividad de agua con un rango de 0,935 hasta 0,985. Al realizar un análisis de varianza se obtuvo que existen diferencias significativas entre los valores promedio de  $a_w$  de las mayonesas ( $p \leq 0,05$ ). Además, como se observa en la Figura 6, la prueba de Tukey muestra que se obtienen dos grupos (a y b) de marcas de mayonesas con  $a_w$  similares. Uno de estos grupos está conformado por la marca Great Value y el otro por el resto de las mayonesas. Esta diferencia probablemente se debe a que Great Value contiene una menor cantidad de agua como ingrediente (según reportado en la etiqueta) que las demás marcas. Además, un mayor contenido de sal implica que hay más agua ligada, favoreciendo así un  $a_w$  más alto o viceversa.



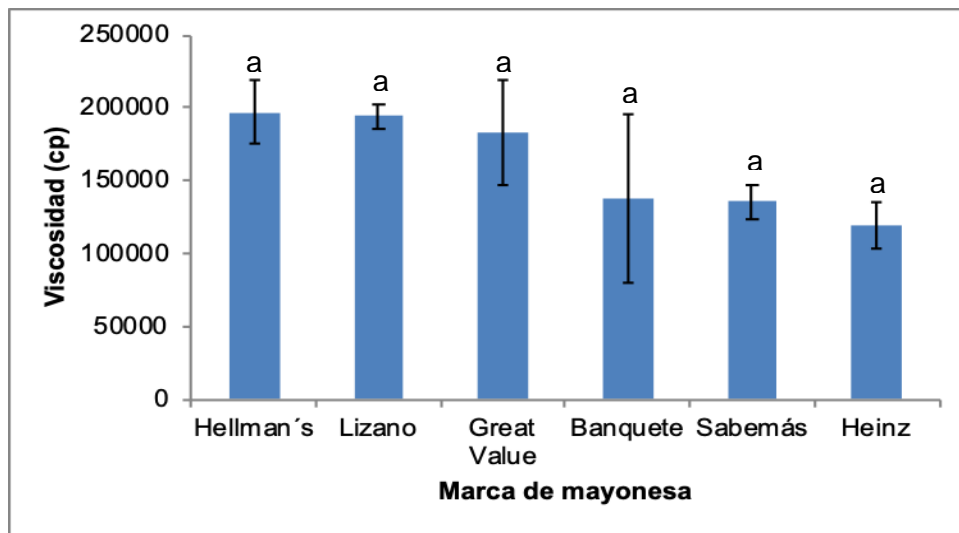
**Figura 6.** Valores promedio de actividad de agua de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018.

(n=3, las barras de error indican la desviación estándar, las mismas letras sobre las barras indican que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios, Tukey,  $p < 0,05$ )

Como se observa en la Figura 7, las seis mayonesas analizadas poseen una viscosidad alta, lo cual es esperable ya que es una característica usual de este tipo de productos y se encuentra entre lo recomendado por Depree & Savage (2001).

Al realizar un análisis de varianza se obtuvo que hay diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los promedios de los valores medidos de viscosidad de las diferentes mayonesas. Sin embargo, al realizar la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey, se obtuvo que todas las marcas se pueden agrupar en un mismo conjunto. Lo anterior se debe a que la prueba Tukey es más conservadora (Mate, 1995).

La alta desviación estándar observada para la mayonesa Banquete se puede deber a variabilidad en el proceso de formación de emulsión o a un descontrol en la cantidad de espesantes añadidos.



**Figura 7.** Valores promedio de viscosidad de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018.

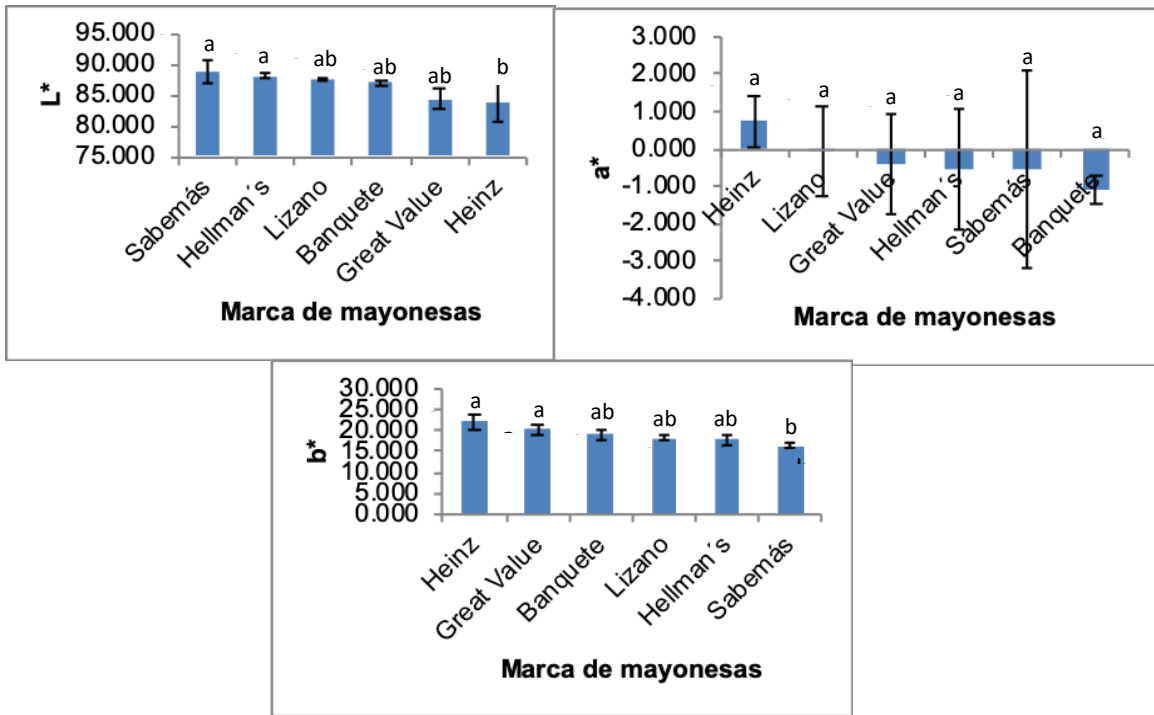
( $n=3$ , las barras de error indican la desviación estándar, las mismas letras sobre las barras indican que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios, Tukey HSD,  $p < 0,05$ )

En la Figura 8 se puede observar que las mayonesas comerciales poseen parámetros de color similares. En el caso del  $L^*$  (luminosidad) se obtuvieron valores altos, lo cual indica que los aderezos poseen un color similar al blanco. Al realizar un análisis de varianza se obtuvo que hay diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) y a partir de la prueba de Tukey se observa que Heinz posee una luminosidad diferente a Sabemás y Hellman's. Las variaciones entre las diferentes

marcas son probablemente causadas por los diferentes ingredientes que se les añaden a las mismas.

Al analizar los valores de  $a^*$ , se nota que estos son cercanos a cero, lo cual concuerda con lo reportado anteriormente en la literatura (Kovalcuks et al, 2016). Al realizar el análisis de varianza no se observaron diferencias significativas entre los promedios de valores de  $a^*$  de las mayonesas. Empleando un valor de diferencia mínima por detectar de 1,71, el cual es un valor reportado en la literatura como causante de diferencia significativa entre el parámetro  $a^*$  de color (Bajaj et al, 2019), se calcula que la potencia de la prueba (probabilidad de encontrar diferencias cuando no existen) corresponde a un 59% en este caso.

Los valores positivos de  $b^*$  indican que las mayonesas tienden a tener tonalidades amarillas. Entre los ingredientes de este tipo de aderezos se encuentra la yema de huevo, el cual es reconocido por brindar color a diferentes alimentos. De la misma forma el aceite de soya podría causar valores de  $b^*$  mayores a 0. Además, algunas mayonesas de las analizadas poseen colorantes o mostaza, los cuales también contribuyen a dar el color característico (Sikimic et al, 2010). En este caso, al realizar el ANDEVA se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) y al realizar el análisis de Tukey, se obtuvieron los mismos grupos que en  $L^*$ . Los diferentes ingredientes y cantidades de los mismos que se añaden a las mayonesas comerciales pueden causar diferencias entre las mismas.



**Figura 8.** Valores promedio de parámetros de color L\*, a\* y b\* de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018.

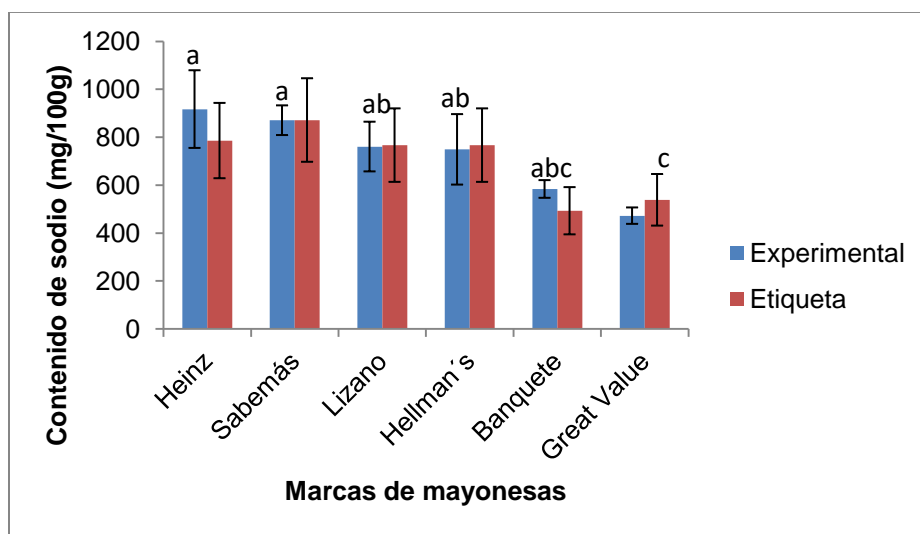
(n=3, las barras de error indican la desviación estándar, las mismas letras sobre las barras indican que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios, Tukey HSD,  $p < 0,05$ )

Las mayonesas comerciales presentan un contenido de sodio con un rango (experimental) de 472,3 – 917,0 mg de sodio por 100 g de producto. Como se observa, el límite superior del rango es prácticamente el doble del límite inferior.

En la Figura 9, se muestra los valores de contenido de sodio obtenidos experimentales y los indicados en la etiqueta de los productos analizados, la desviación estándar de las barras azules (valores experimentales) representan la variabilidad del análisis realizado, mientras que en el caso de las barras rojas (valor reportado en la etiqueta) representa una desviación de un  $\pm 20\%$ , lo cual es el nivel de tolerancia permitido por el Reglamento Técnico Centroamericano de etiquetado nutricional para macronutrientes y sodio (RTCA 67.01.60:10). Si los intervalos de confianza de los valores reportados en la etiqueta no sobrepasan los encontrados en los análisis, significa que el contenido de sodio del producto tiene bajas posibilidades de ser más alto de lo que se indica en el empaque. Como se

observa, Heinz y Banquete poseen intervalos de confianza en los análisis que sobrepasan los de la etiqueta, lo cual podría afectar al consumidor ya que este toma como guía lo que se muestra en el empaque de los productos para disminuir su ingesta de sal.

Al realizar un análisis de varianza se obtuvo que hay diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los promedios de los valores medidos de sodio de las diferentes mayonesas. Al realizar la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey, se obtuvo que Heinz, Sabemás, Hellmans, Lizano y Banquete conforman un mismo grupo con valores de sodio similares. Mientras que Great Value por su lado posee un contenido de sodio semejante a Banquete, siendo estos los productos con menor cantidad de sal. Por el contrario Heinz y Sabemás poseen los valores más altos.



**Figura 9.** Valores promedio de contenido de sodio de 6 mayonesas disponibles en el mercado costarricense durante el periodo del 22/08/2018 – 18/09/2018 y valores reportados en las respectivas etiquetas.

( $n=3$ , las barras de error indican la desviación estándar, las mismas letras sobre las barras indican que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios, Tukey HSD,  $p \leq 0,05$ )

Es importante aclarar que las conclusiones que se obtienen en esta investigación corresponden a 3 lotes diferentes de cada producto, sin embargo, no reflejan todos los productos comercializados por las empresas y productos analizados, de ahí que no se pueden generalizar los resultados aquí reportados.

Para producir la versión modelo de la mayonesa que se usó en las etapas posteriores del presente estudio, se emplearon los siguientes ingredientes: aceite, vinagre, huevo, sal, azúcar y especias (ajo). Además, se decidió utilizar ácido cítrico ya que contribuye a disminuir el pH de la mayonesa y es antioxidante, por lo que colabora para evitar la rancidez en el producto (ya que posee un alto contenido de lípidos) (Pérez *et al.*, 2018). El Cuadro III muestra las características fisicoquímicas encontradas para la versión modelo de la mayonesa realizada.

**Cuadro III.** Características fisicoquímicas de la mayonesa modelo producida.

Característica	Valor
pH	3,75
Viscosidad (cp)	134000
Color	L* = 78,75
	a* = -0,31
	b* = 16,92
Aw	0,9417
Concentración de sodio (mg/100 g)	569 (±146)

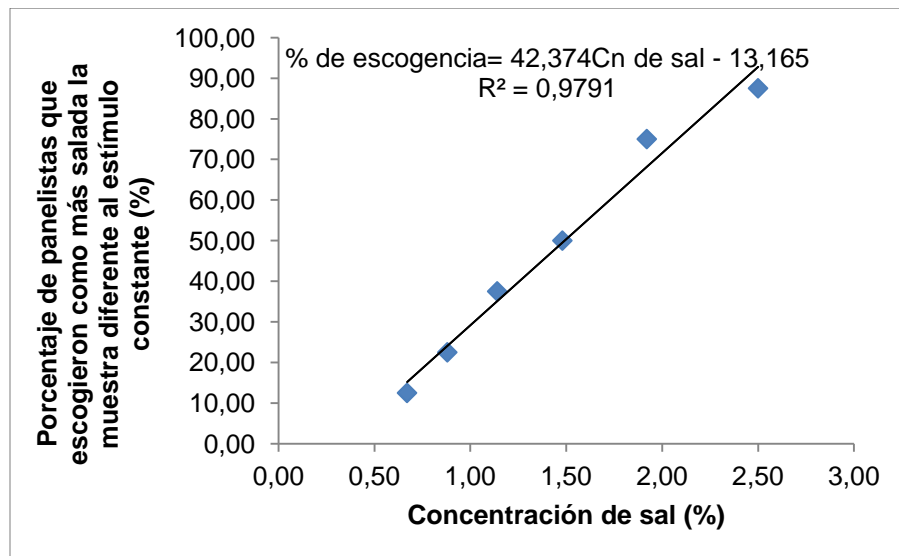
Al comparar los resultados del Cuadro III con lo encontrado sobre las características fisicoquímicas de los aderezos comerciales, se tiene que la versión modelo de la mayonesa se ajusta con los resultados antes obtenidos y analizados.

A la versión modelo de la mayonesa producida se le realizaron análisis microbiológicos, en donde las bacterias estudiadas fueron: *Salmonella* sp., *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*. En todos los casos los resultados arrojaron niveles aceptables (ausencia), lo cual indica que el producto es inocuo y apto para consumo humano en los paneles sensoriales desarrollados.

## 5.2. DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE DIFERENCIA PARA EL CONTENIDO DE SAL DE LAS MAYONESAS

Con base en la curva mostrada en la Figura 10, fue posible obtener la ecuación de la recta para calcular la DAP del sabor salado de la mayonesa evaluada. De esta forma se obtuvo una DAP de 0,30%, respecto a una mayonesa con porcentaje de sal regular de 1,8% (valor promedio encontrado en productos comerciales y utilizado por tanto como estímulo constante). Lo cual significa que los consumidores necesitan un cambio de 0,30% en la concentración de sal para apenas sentir una diferencia en el sabor salado del aderezo.

Por lo descrito anteriormente, se realizó una reducción de 0,27% (DAP-0,03%) de sal con el objetivo de que los consumidores no percibieran la diferencia en el panel de validación. La Figura 10 muestra la curva psicofísica obtenida al analizar los resultados de la prueba sensorial de umbrales.



**Figura 10.** Relación del porcentaje de panelistas que juzgaron la muestra de concentración variable como la más salada en las diferentes mayonesas evaluadas.

En el Cuadro IV se observa que con el método utilizado se puede realizar una reducción del 15% en la cantidad original de sal. En un estudio realizado en pan

utilizando la misma metodología se encontró que se puede reducir un 19% partiendo de una concentración de 1,80% de sal (Benavides, 2017). Además, en una investigación en salsa de tomate tipo “Ketchup” se concluyó que se puede disminuir en un 28% el contenido de sal y esto es aceptado por los consumidores (Álvarez, 2019). El Cuadro IV muestra los resultados de las pruebas de umbrales realizadas con el fin de obtener una reducción de sal no perceptible por los consumidores en mayonesa.

**Cuadro IV.** Reducción realizada en la mayonesa basándose en la DAP del sabor salado encontrada utilizando el método del estímulo constante.

Concentración de sal del estímulo constante (%)	1,80
DAP (%)	0,30
Concentración de sal reducida (%)	1,53
Porcentaje de sal reducido (%)	15

### 5.3. VALIDACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE SODIO EN MAYONESA

En el Cuadro V se presenta la formulación utilizada para la mayonesa reducida en sodio, la cual fue utilizada para las pruebas de validación.

**Cuadro V.** Formulación utilizada para la elaboración de la mayonesa reducida en sodio

Ingredientes	Porcentaje (%)
Aceite	73,20
Huevo	12,60

**Continuación de Cuadro VI.** Formulación utilizada para la elaboración de la mayonesa reducida en sodio

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Vinagre	11,50
Sal	1,53
Azúcar	1,00
Ácido cítrico	0,13
Especias (ajo)	0,10

En el Cuadro VI se muestra que todas las características fisicoquímicas del aderezo reducido en sodio producido para el presente estudio se logran ajustar al rango de lo encontrado en las mayonesas disponibles en el mercado nacional.

**Cuadro VII.** Características fisicoquímicas de la mayonesa reducida en sodio.

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
pH	3,74
Viscosidad (cp)	115000
Color	L* = 80,9
	a* = -0,67
	b* = 14,43
Aw	0,9600
Concentración de sodio (mg/100 g)	537 (±138)

Se realizó un análisis binomial el cual indica que para que hayan diferencias se necesita que de 50 personas, al menos 32 acierten al escoger la muestra de aderezo más salado. Para el caso de la mayonesa reducida en sodio únicamente 30 personas acertaron, lo cual evidencia que los consumidores no perciben, de forma significativa, la diferencia de concentración de sal entre la mayonesa modelo y la formulación reducida en sodio.

Se han realizado estudios similares con la misma metodología de la presente investigación. Uno de ellos es el realizado por Hernández (2017) en el cual también se utiliza el método de diferencia apenas perceptible para disminuir el contenido de sodio de salchichón y obtiene resultados similares. En ese estudio se encontró que una disminución de sal menor al 20% no es percibida por los consumidores. Otra investigación realizada en pan blanco de molde con la misma metodología encontró que la DAP hallada no es suficiente para que los consumidores no sientan la diferencia por lo que en este caso se tuvo que optar por un panel de agrado, lo cual no sucedió con la mayonesa (Benavides, 2017).

En el Cuadro VIII se observa que el  $d'$  obtenido para la mayonesa reducida únicamente en sodio es menor a 1, este valor es considerado como el umbral en la psicofísica (O' Mahonny & Rosseau, 2002). Esto significa que cuando la diferencia entre las muestras es de uno indica que es el mínimo cambio de intensidad de estímulo que es percibido en una sensación por los consumidores. En este caso se observa que el  $d'$  obtenido es muy pequeño por lo que la dificultad de encontrar la mayonesa reducida dentro de las dos muestras probadas aumenta.

**Cuadro VIII.** Resultados obtenidos para las mayonesas reducidas contra una mayonesa modelo en la validación de la reducción de sodio utilizando una prueba sensorial 2-AFC

Mayonesa	Panelistas	Número mínimo de aciertos muestra más salada	Número de aciertos muestra más salada	Probabilidad*	d <sup>**</sup>
Reducida en sodio	50	32	30	>0,0001	0,36
Reducida en sodio y acidez		32	32	<0,0001	0,51

\*Roessler *et al*, 1978 \*\* Ennis, 2013

Adicionalmente y como prueba exploratoria, se evaluó una mayonesa reducida en sodio y acidez (0,05% menos acidez que la versión modelo). Esto con el fin de valorar preliminarmente la complejidad sensorial (sabores salado y ácido) de la mayonesa como matriz alimentaria. En este tipo de alimentos no solamente la sal contribuye al sabor salado, sino que todos los ingredientes aportan al perfil general sabor (Maherbe *et al*, 2003). De esta forma, al ajustar los sabores más relevantes de forma integral se podría lograr un equilibrio en el producto y conseguir inclusive una mayor reducción de sodio. Lo anterior se haría siempre y cuando se respeten los valores normales de acidez por ejemplo para el tipo de aderezo y siguiendo lo indicado por la norma (N° 22020- MEIC NCR 207:1992). En este caso se encontró que los panelistas percibieron una diferencia en el sabor salado al disminuir la acidez, determinando la muestra no reducida en acidez como más salada. Sin embargo, el d' resultante es pequeño, por lo que se podrían seguir realizando estudios con este y otros ingredientes de la mayonesa para alcanzar una reducción mayor. Además, un estudio realizado por Lee y Cox (2018) indica que en emulsiones aceite en agua, la percepción del sabor salado se puede ver afectada por el contenido de grasa en la matriz. Cabe destacar que en el estudio anterior la emulsión contiene ingredientes básicos (aceite, agua, NaCl, Lecitina de

soya y goma xanthan) los cuales no cumplen con los ingredientes utilizados para la elaboración de mayonesas comerciales.

Reducciones como la realizada puede disminuir el consumo de sodio en forma importante. Una porción de papas fritas (porción de 95 g) contiene alrededor de 0,66 g de sal (Montero, comunicación personal, 17 de octubre del 2017). Si este producto se consume con mayonesa (porción de 9 g) y salsa de tomate (porción de 9 g), el contenido de sal estaría aumentando a 0,984 g, lo que representa un 20% de lo que se recomienda consumir de sal por día por persona. Si se sustituyen la mayonesa y salsa de tomate por las versiones reducidas en sodio encontradas en la presente investigación y en el estudio realizado por Álvarez (2019), el consumo de sal disminuiría en un 7,5%. Si bien, no parece una reducción grande, estas modificaciones vendrían a contribuir en la reducción integral del consumo de sodio en la población ya que se podrían ir realizando reducciones graduales en los alimentos para que de esta manera sean aceptados por los consumidores y el consumo de sal en el país alcance lo recomendado por la OMS (5 g de sal por día por persona).

Además es importante recalcar que esta reducción de sodio se realizó tomando en cuenta un contenido medio de sodio para la mayonesa modelo. Según las ley de Weber, se establece que la cantidad de estímulo añadido que sea apenas perceptible depende de la cantidad del estímulo que esté ya presente, esto indica que si se toma en cuenta las mayonesas con los más altos contenidos de sodio del mercado para realizar la versión modelo, la reducción podría ser aún mayor, beneficiando así la salud del consumidor (Cubero *et al.*, 2019).

## **6. CONCLUSIONES**

- Tanto la formulación de mayonesa modelo como la reducida en sodio se ajustan a las características fisicoquímicas de las mayonesas del mercado nacional analizadas.

- Se determinó que los consumidores no detectan diferencia en la intensidad del sabor salado cuando se realizan ajustes en la formulación, tomando en cuenta un valor de DAP de 0,27% de sal en mayonesa.
- Tomando en cuenta el DAP calculado en el presente estudio, se logra reducir un 15% de la sal agregada en la formulación de mayonesa sin que los consumidores detecten una diferencia
- Los resultados de esta investigación representan una alternativa para la industria dedicada a la elaboración de mayonesas ya que demuestra que se pueden realizar reducciones de sal sin que los consumidores perciban la diferencia respecto a la versión modelo y sin que este ajuste afecte las características fisicoquímicas del producto terminado.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda investigar a profundidad qué ingredientes de la mayonesa pueden interferir en el sabor salado de la misma y así lograr reducciones de sodio más amplias.
- Existe la posibilidad de ampliar este tipo de estudios a otros alimentos que corresponden a la categoría como aderezos (*light*, con limón, con aceite de oliva, etc.), ya que este sector tiende al crecimiento tanto a nivel nacional como internacional.
- La capacitación y concientización de los consumidores y productores en este tema resulta vital para que estos sean conscientes de los potenciales problemas de salud que este ingrediente causa y además puedan contribuir con la disminución de consumo de sodio a nivel nacional.
- Después de realizar la reducción que se indica en la presente investigación, valorar el realizar otro ajuste al contenido de sodio de forma que la población pueda adaptarse gradualmente a un menor consumo de sodio y que los productos sean aceptados.

- Evaluar la estabilidad microbiológica de la formulación reducida en sodio durante la vida útil del producto en miras de determinar si la reducción en este compuesto puede comprometer la vida útil del producto terminado.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### 8.1. BIBLIOGRAFÍA CITADA

ALVAREZ, R. 2019. Reducción de sodio en una salsa de tomate tipo Kétchup y su efecto sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del producto. Tesis. Lic. Ingeniería de alimentos. Universidad de Costa Rica. Escuela de Tecnología de alimentos. San José.

ALVES, I., DOS SANTOS, F., FREITAS, O. & LIMA, J. 2017. Ingredients of mayonnaise: Future perspectives focusing on essential oils to reduce oxidation and microbial counts. Archivos latinoamericanos de nutrición.67 (3): 187 – 199.

ANDREWS, W., WANG, H., JACOBSON, A. & HAMMACK, T. 2011. Bacteriological analytical manual: *Salmonella* sp.. 8 ed. FDA. Estados Unidos

ANTON, M. 2013. Egg yolk: structure, functionalities and processes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 93 (1): .2871-2880.

AOAC. 2016. Official methods of analysis of AOAC international – 20th Edition. AOAC International. Estados Unidos.

ARMANTEROS, M. 2010. Reducción de sodio en lomo y jamón curados. Efecto sobre la proteólisis y las características sensoriales. Tesis. Dr. Tecnología de alimentos Departamento de Tecnología de alimentos. Universidad politécnica de Valencia.

BAJAJ, R., SINGH, N. & KAUR, A. 2019. Properties of octenyl succinic anhydride (OSA) modified and their application in low fat mayonnaise. Elsevier. 131: 147 – 157.

BENAVIDES, V. 2017. Determinación del umbral de diferencia del sabor salado en pan blanco de molde y su efecto sobre la calidad durante el almacenamiento.

Tesis Lic. Ingeniería de alimentos. Universidad de Costa Rica. Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

BLANCO, A., MONTERO, M., NÚÑEZ, H., GAMBOA, C. & SÁNCHEZ, G. 2012. Avances en la reducción de consumo de sal y sodio en Costa Rica. Revista Panamericana de Salud pública. 32(4):316–20

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES. 1961. Manual de usuario Viscosímetro Brookfield. Brookfield Engineering Laboratories, INC. Stoughton Massachusetts, EE.UU.

CARBALLO, M. & MORALES, G. 2011. Fuentes alimentarias de sal/sodio en mujeres, Costa Rica. Revista costarricense de salud pública. 2(20):90-96

CHIRIFE, J., VIGO, M., GÓMEZ, R. & FAVETTO, G. 1989. Water activity and Chemical Composition og mayonnaises. Journal of Food Science. 54(6): 1658 – 1659.

CONSTANTINE, M. & ILIUTA, A. 2011. The role of sodium in the body. Balneo Research Journal. 2(1): 70-74

COX, G. & LEE, S. 2018. Sodium threshold in model reduced and low fat oil in water emulsion systems. Journal of food Science. 83(3): 791-797

CUBERO, E. 2018. Reducción de sodio. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Comunicación personal.

CUBERO, E., ARAYA, A., HERNÁNDEZ, D. & ARAYA, Y. 2019. Salt reduction without consumer awareness using a sensory threshold approach: a case study in meat products. CyTA - Journal of Food. 17:1, 763-769.

DEPREE, J. & SAVAGE, G. 2001. Physical and flavour stability of mayonnaise. Trends in Food Science and Technology. 12: 157 – 163.

DURACK, E., ALONSO, M., WILKINSON, G. 2008. Salt: A review of its role in food science and public health. Current nutrition & food science. 4(4): 290-297.

ENNIS, J., ROSSEAU, B. & ENNIS, D. 2014. Sensory difference tests as measurements instruments a review of recent advances. *Journal of sensory studies*. 29(1): 89 – 102.

ENNIS, D. 2013. *Tables for Product Testing Methods*. Richmond, The Institute for Perception.

FDA. 2016. La FDA emite una guía preliminar para la industria alimentaria para reducir voluntariamente el sodio en los alimentos procesados y preparados comercialmente. Estados Unidos. Recuperado el 28 de septiembre del sitio web de la FDA: <https://www.fda.gov>

FENG, P., WEAGANT, S., GRANT, M. & BURKHARDT, W. 2002. *Bacteriological analytical manual: Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria*. FDA. Estados Unidos

GHAZAEI, S., MIZANI, M., PIRAVI, Z. & ALIM, M. 2015. Particle size and cholesterol content of a mayonnaise formulated by OSA-modified potato starch. *Food science and Technology*. 35(1): 150 – 156.

GOBIERNO DE ESPAÑA. 2015. *Contenido de sal de los alimentos en España*. Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición. España.

GOBIERNO DE MÉXICO. 2010. El sodio en los alimentos procesados. *Revista el consumidor*. 1(10): 42-49

GUTIERREZ, N. & BARRERA, O. 2015. Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L. *Revista de ciencias agrícolas*. 32(2):77– 87

HERNÁNDEZ, J., PEREZ, I., GONZÁLEZ, A., VILLEGAS, Y., RODRIGUEZ, G. & MEZA, V. 2013. Calidad de huevo de cuatro líneas genéticas de gallinas de clima cálido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. No. : 1107 – 1118.

HITCHINS, A. & JINNEMAN, K. 2017. Bacteriological analytical manual: Detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* in foods and environmental samples. FDA. Estados Unidos.

INEC. 2013. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. Principales resultados. Instituto Nacional de Estadística y censos. Costa Rica, San José.

KOVALCUKS, A., STRAUMITE, E. & DUMA, M. 2016. The effect of egg yolk oil on the chemical, physical and sensory properties of mayonnaise. Rural sustainability research. 35(30): 24 – 31.

LAHTINEN, S. 1986. Physical effects of salt mixtures in mayonnaise. University of Helsinki. 9(1986): 1–10.

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

LEE, Y., CHAE, J. & LEE, H. 2009. Effects of order of tasting in sensory difference tests using Apple juice stimuli: Development of a new model. Journal of food science. 74(6).

MALHERBE, M., WALSH, C. & MERWE, C. 2003. Consumer acceptability and salt perception of food with reduce sodium content. Journal of Family and Consumer Sciences, 31:12-30

MATE, C. 1995. Curso general sobre statgraphics. UPCO. Madrid.

MEIC. 2019. DECRETO N° 22020 – MEIC NCR 207:1992. Mayonesa. La Gaceta N° 64. Costa Rica. Recuperado el 17 de enero del 2019. <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/reglamentaciontecnica/22020.pdf>

MESÍAS, M., SEIQUERA, I. & NAVARRO, M. 2010. Ingesta de sodio en la dieta de un colectivo de adolescentes. ARS Pharmaceutica. 51(3): 145-152.

MINISTERIO DE SALUD. 2011. Plan nacional para la reducción de sal / sodio en la población de Costa Rica 2011 – 2021. San José, Costa Rica

MINISTERIO DE SALUD. 2018. Costa Rica consume más del doble de sal recomendada. San José. INTERNET. Recuperado el 17 de octubre del 2018 del sitio: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/noticias/noticias-2018/1286-costa-rica-consume-mas-del-doble-sal-2>

MINISTERIO DE SALUD. 2019. Análisis de la situación de salud. San José. [https://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre\\_ministerio/memorias/memoria\\_2014\\_2018/memoria\\_institucional\\_2018.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/memorias/memoria_2014_2018/memoria_institucional_2018.pdf)

MIRANDA, O., GÓMEZ, G., MUNARES, O. & ARQUINO, O. 2014. Valores percentilares del contenido de azúcar, grasas y sodio en alimentos industrializados según etiquetado expendidos en lima. Instituto Nacional de salud. 20: 104-110

MONCKEBER, F. 2012. La sal es indispensable para la vida ¿pero cuánta? Revista Chilena de nutrición. 39(4) : 192-195

MONTERO, M. Sodio en comida rápida. INCIENSA. San José, Costa Rica. Comunicación personal.

MUÑOZ, J., ALFARO, M. & ZAPATA, I. 2007. Avances en la formación de emulsiones. Grasas y aceites. 58(1): 64 – 73.

O' MAHONY, M. & ROUSSEAU, B. 2002. Discrimination testing a few ideas, old and new. Food Quality and Preference. 14:157-164.

OLIVAS, R., NEVÁREZ, G. & GASTÉLUM, M. 2009. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de alimentos. Tecnociencia Chihuahua. 3(1): 66 – 80.

OMS. 2014. Sodium intake for adults and childrens. Ginebra, Suiza.

OMS. 2016. The SHAKE technical package for salt reduction. Ginebra, Suiza.

OMS. 2015. Estadísticas sanitarias mundiales. Ginebra, Suiza.

PAANANEN, O. 2017. Effects changes in production on stability of mayonnaise. Masther's thesis in thecnology. University of Turku. Department of biochemistry. Finlandia.

PACHECO, M. 2018. Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en queso fresco sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia y su efecto sobre el desuerado y perfil de textura. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

PAWAR, D., MALIK, S., BHILEGAONKAR, K. & BARBUDDHE, S. 2000. Effect of nisin and its combination with sodium chloride on the survival of *Listeria monocytogenes* added to raw buffalo meat mince. *Meat Science*. 56(13):112-121

QUITRAL, V., REYES, M., ALBORNOZ, D. & PINHEIRO, A. 2015. Efecto del contenido de sal en la calidad sensorial de pan. *Revista chilena de nutrición*.42(3): 291-296.

RAVISHANKAR, S. & JUNEJA, V. 2000. Sodium chloride. In *milieu – antimicrobials*. CRC Press LLC.

RODRIGUEZ, Y. 2017. Determinación de los umbrales sensoriales de detección, de identificación, de diferenciación y el umbral máximo en el sabor ácido, mediante metodología de elección forzada entre tres alternativas (3 AFC). Magister en Ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias agrarias. Bogotá.

ROESSLER, E. B., PANGBORN, R. M., SIDEL, J. L. & STONE, H. 1978. Expanded statiscal tables for estimating significance in paired-preference, paired – difference, duo – trío and triangle tests. *Journal of Food Science*. 43(1978): 940-947

ROJAS, E. 2012. Desarrollo de un sistema sustituto de la goma xantán para reducir costos en mayonesas y aderezos emulsionados. Universidad de Costa Rica, Escuela de tecnología de alimentos. San José.

ROSSEAU, B. 2015. Sensory discrimination testing and consumer relevance. *Food Quality and Preference*. 43: 122-125

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 07 de octubre 2018. Disponible

en [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=72456](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=72456)

SAAVEDRA, L., BERNABÉ, A., DIEZ, F. & MIRANDA, J. 2014. Generando información: ¿Sabemos cuánto es el consumo promedio de sal y cuáles son sus fuentes? *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 31(1):169-80

SIKIMIĆ, V., POPOV, J., ZLATKOVIĆ, B. & LAKIĆ, N. 2010. Colour determination and change of sensory properties of mayonnaise with different content of oil depending on length of storage. *Sensors & transducers Journal*. 112(1):138-165

SMITTLE, R. 2000. Microbiological safety of mayonnaise, salad dressings, and sauces produced in the United States: A review. *Journal of Food Protection*. 63 (8):1144–1153

STRINGER, C. & PIN, C. 2005. Microbial risks associated with salt reduction in certain foods and alternative options for preservation. Institute of Food Research. United Kingdom.

TOTOSAUS, A. 2007. Implicaciones de la reducción de sodio en sistemas cárnicos emulsionados. *Nacameh*. 1(2) : 76-86.

VALVERDE, M. & PICADO, J. 2013. Estrategias mundiales en la reducción sal/sodio en pan. *Revista costarricense de salud pública*. 22(1):61-67

VILLANUEVA, N., PETENATE, A. & DA SILVA, 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.

WIDERSTRÖM, E & ÖHMAN, R. 2017. Mayonnaise: Quality and Catastrophic phase inversión. Master thesis in food technology. Lund University, Department of food technology, engineering and nutrition. Suecia.

YANG, S. & LAL, L. 2003. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2<sup>nd</sup> edición. Estados Unidos.

ZAMBRANO, J. 2013. Efecto de la reducción y sustitución parcial de cloruro de sodio por cloruro de potasio en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en jamón de cerdo. Tesis. Lic en agroindustria alimentaria. Departamento de agroindustria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

## **8.2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

CALDERÓN, A., VÁSQUEZ, M. & ALVARADO, P. 2008. Efecto del vinagre y ácido cítrico en la sobrevivencia de *Staphylococcus aureus* en mayonesa casera. *Rebiol.* 28(2): 35-42

ESTUARDO, E. 2010. Diseño e implementación de un sistema de control de calidad en la producción de aderezo tipo mayonesa, en alimentos Gourmet, S.A. Tesis de ingeniería industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

GONZÁLEZ, J., DE LA MONTAÑA, J. & BÉRMUDEZ, M. 202. Estudio de la percepción de sabor dulce y salado en diferentes grupos de la población. *Nutrición Hospitalaria* 17(5): 256-258

PACHECO, W., ARIAS, C. & RESTREPO, D. 2012, Efecto de la reducción de cloruro de sodio sobre las características de calidad de una salchicha tipo

seleccionada. Revista de la Facultad de Agronomía de Medellín. 65(2): 6785-6793.

RODRIGUEZ, J., RUIZ, L.; SANTOYO, M. & MIRANDA, L. 2016. Determinación del índice de acidez y acidez total de cinco mayonesas. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de alimentos. 1(2): 843-849

## 9. ANEXOS

**Cuadro IA.** Resultados de prueba de umbrales para obtención de DAP mediante el programa FIZZ, con el fin de reducir el sodio en mayonesa (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración variable de sal).

Panelista	Concentraciones de sal					
	0,67	0,88	1,14	1,48	1,92	2,5
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	0	0	1	1
3	0	0	1	0	1	0
4	0	0	0	1	1	1
5	0	0	0	0	0	1
6	1	0	0	1	0	0
7	0	0	1	0	1	1
8	0	1	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	1
11	0	1	0	0	0	1
12	0	0	0	1	1	1
13	1	0	0	0	1	1
14	0	0	0	0	1	1
15	0	0	1	1	1	1
16	0	0	1	1	1	1
17	0	0	1	1	1	1
18	0	0	0	0	1	1
19	0	0	1	1	1	0
20	0	1	0	0	0	1
21	1	0	1	1	1	0
22	0	0	0	0	1	1
23	0	0	0	1	1	1
24	0	0	0	0	1	1
25	0	0	0	1	1	1
26	0	1	0	1	1	1
27	0	0	0	0	1	1
28	0	1	1	0	0	1
29	0	1	1	1	1	0
30	0	1	1	0	1	1
31	1	1	1	1	1	1
32	0	0	0	0	1	1

**Continuación de Cuadro IA.** Resultados de prueba de umbrales para obtención de DAP mediante el programa FIZZ, con el fin de reducir el sodio en mayonesa (1: Estímulo Constante; 0: Muestra de concentración variable de sal).

Panelista	Concentraciones de sal					
	0,67	0,88	1,14	1,48	1,92	2,5
34	0	0	1	1	1	1
35	0	0	1	1	1	1
36	0	0	0	1	1	1
37	1	0	1	0	0	1
38	0	0	0	1	1	1
39	0	0	0	0	1	1
40	0	0	1	1	1	1

**Cuadro II A.** Resultados de prueba de validación de reducción de sodio mediante programa FIZZ (1: Muestra sin reducir; 0: Muestra reducida en sal y/o acidez)

Panelista	Tipo de mayonesa	
	Reducida en sal	Reducida en sal y acidez
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	0	1
5	0	1
6	0	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	0	0
15	0	0
16	1	1
17	1	0
18	1	1
19	0	0

**Continuación de Cuadro II A.** Resultados de prueba de validación de reducción de sodio mediante programa FIZZ (1: Muestra sin reducir; 0: Muestra reducida en sal y/o acidez)

Panelista	Tipo de mayonesa	
	Reducida en sal	Reducida en sal y acidez
20	0	0
21	1	1
22	1	0
23	1	1
24	1	1
25	0	0
26	1	1
27	0	1
28	1	1
29	1	1
30	0	0
31	0	1
32	0	1
33	0	0
34	1	0
35	0	1
36	1	1
37	0	0
38	0	1
39	1	1
40	1	1
41	0	1
42	1	0
43	0	0
44	1	0
45	0	0
46	0	0
47	1	0
48	1	1
49	1	0
50	1	1