

Reducción de sodio en salsa de tomate y mayonesa mediante la aplicación de un enfoque de umbral sensorial

Aliz Villalobos¹ , Rebeca Álvarez¹ , Elba Cubero¹ , Jessie Usaga² .

Resumen: Reducción de sodio en salsa de tomate y mayonesa mediante la aplicación de un enfoque de umbral sensorial. El consumo excesivo de sodio es causa importante de enfermedades no transmisibles incluyendo hipertensión. En esta investigación se evaluó una metodología sensorial para reducir el contenido de sodio en salsas de tomate y mayonesas, productos altamente consumidos en Costa Rica. Se caracterizaron, por triplicado, 16 salsas y 7 mayonesas comerciales para determinar los ingredientes más comunes y sus características fisicoquímicas. Se comparó el contenido de sodio reportado en la etiqueta contra el valor determinado experimentalmente. Se formularon prototipos de ambos productos y se determinó el umbral de diferencia apenas perceptible (DAP) para el gusto salado utilizando el método de estímulo constante con 40 panelistas no entrenados ($d' = 1$, significancia de 0,05 y potencia de prueba de 0,95). Se contruyeron las curvas psicofísicas con concentraciones de sal entre 0,67% y 2,5% para salsa de tomate y 0,13% y 4,16% para mayonesa; obteniéndose DAPs de 0,51% y 0,26% respectivamente; equivalentes a 28,3% y 14,4% menos de sal en cada producto. Para la validación del umbral, se aplicó una prueba de discriminación 2-AFC con 40 panelistas comparando la formulación regular con la reducida en sodio. Los panelistas no detectaron diferencias significativas entre mayonesas ($P > 0,05$) pero sí entre salsas ($P < 0,05$), por lo que se aplicó una prueba de agrado con 112 consumidores y se determinó que la salsa reducida en sodio resultó de mayor o igual agrado que la contraparte. Estos resultados guiarían a la industria alimentaria regional hacia el mejoramiento del perfil nutricional de estos productos. *Arch Latinoam Nutr* 2020; 70(2): 134-143.

Palabras claves: Salsa de tomate, mayonesa, diferencia apenas perceptible, umbral.

Summary: Sodium reduction in tomato sauce and mayonnaise through the application of a sensory threshold approach. The excessive consumption of sodium is an important cause of noncommunicable diseases including hypertension. This research aimed, using a sensory methodology, to reduce sodium content in tomato sauces and mayonnaise, highly consumed products in Costa Rica. A total of 16 commercial sauces and 7 mayonnaises were characterized to determine their most common ingredients and physicochemical properties. The sodium content reported in the label was compared against values obtained experimentally. Prototypes for both products were developed and the threshold for the just noticeable difference (JND) for salty flavor was determined using the constant stimulus method with 40 panelists ($d' = 1$, 0.05 significance and a test power of 0.95). Psychophysical curves were built with salt concentrations between 0.67% and 2.5% for tomato sauce and 0.13% and 4.16% for mayonnaise; obtaining JNDs of 0.51% and 0.26% respectively; equivalent to 28.3% and 14.4% less salt in tomato and mayonnaise. To validate the threshold, a discriminatory 2-AFC test with 40 panelists was performed to compare the regular formulations against those reduced in sodium. Panelists did not detect significant differences among mayonnaises ($P > 0.05$) but they did find differences between sauces ($P < 0.05$). Thus, for tomato sauce a consumer liking test with 112 consumers was performed and it was found that sodium reduced tomato sauce was equally or more liked than its counterpart. These results guide the regional food industry towards the improvement of the nutritional profile of both products. *Arch Latinoam Nutr* 2020; 70(2): 134-143.

Key words: Tomato sauce, mayonnaise, just noticeable difference, threshold.

Introducción

Las enfermedades no transmisibles representan el principal contribuyente a la mortalidad en el mundo. La ingesta elevada de sodio se vincula con una serie de estas enfermedades incluyendo hipertensión, enfermedad cardiovascular y accidentes cerebrovasculares (1).

El sodio es uno de los componentes de la sal, 2,5 g de sal

¹Escuela de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica (UCR), Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica.
²Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), Universidad de Costa Rica (UCR), Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica.

Autor para la correspondencia: Jessie Usaga, email: jessie.usaga@ucr.ac.cr

contienen 1 g de sodio (2) que otorga características físicas, químicas y sensoriales a los alimentos. La sal contribuye con la preservación de alimentos, generación de sabor y mejoramiento de otros atributos sensoriales (4) y el sodio por su parte, ejerce funciones fundamentales para el ser humano relacionadas con actividad cerebral y sistemas de fluidos (3). No obstante, un alto consumo de sal es determinante para la presión sanguínea de las personas (2). La reducción en el consumo de sal genera una reducción de la presión arterial, lo cual disminuye la incidencia de enfermedades cardiovasculares (1, 2). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un consumo de sodio para adultos de 2 g por día (5 g de sal) (1). Sin embargo, el promedio de consumo mundial varía entre 9 y 12 g, cerca del doble de lo recomendado (5). En Costa Rica, la ingesta de sal es de 11,5 g por persona por día (6). Con el objetivo de mejorar esta situación, algunos gobiernos han implementado políticas que promueven la reducción en el consumo de sodio. En Costa Rica, en el 2011 se apoyó la declaratoria para reducir el consumo de sal en las Américas oficializándose el Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la Población 2011-2021 (7).

La reformulación de productos procesados es una de las estrategias más eficaces para reducir el consumo de sodio (3). Esto se puede lograr disminuyendo el contenido de sal en la formulación o sustituyendo la sal por ingredientes alternativos como cloruro de potasio, salsa de soya, cloruro de magnesio, cloruro de calcio y sal de mar baja en sodio o potenciadores de sabor (lisina, guanilato disódico, inosinato disódico, extracto de levadura, lactato de potasio, especias saborizantes, glutamato monosódico y proteína vegetal hidrolizada) (8). Investigaciones previas han evidenciado la disminución en el grado de aceptación de productos reducidos en sodio cuando se emplean sustitutos (9-12). La reducción de sal en un producto, sin sustitución, es la forma más económica para reducir este compuesto y se puede lograr aplicando el método de umbrales, el cual permite medir la sensibilidad de la población hacia un estímulo sensorial predeterminado y toma en cuenta que la respuesta se ve afectada por la población y su sensibilidad (13). El método de estímulo constante es una metodología sensorial

para determinar el umbral de diferencia apenas perceptible (DAP). Permite aumentar o disminuir, en cantidades muy pequeñas, la concentración de un estímulo con respecto al estándar (14). Se aplican pruebas de discriminación para eliminar la respuesta sesgada que puede provocar un estímulo confuso, utilizando la escogencia forzada con pruebas de triángulo, dúo-trío, entre otras, para reducir el posible error (13). El uso de umbrales para reducir sodio permite acercarse al valor donde los consumidores no tienen capacidad sensorial para percibir un cambio; estrategia con mayores posibilidades de éxito en la reducción de sodio al no alterarse el producto original.

El impacto de una reducción de sodio es mayor al realizarse en productos de alto consumo. Entre el 2018 y 2019, alrededor de 10,5 % de los hogares costarricenses adquirieron una mayonesa mientras un 12 % compraron salsa de tomate (15). Ambos productos se posicionan dentro de los 50 alimentos más frecuentemente consumidos en Costa Rica. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la posibilidad de reducir el contenido de sodio en salsa de tomate y mayonesa, considerando un enfoque sensorial de umbrales para evitar que el consumidor detecte el cambio.

Materiales y métodos

Muestras de alimentos. Con el objetivo de conocer las características de las salsas de tomate y mayonesa disponibles en el mercado costarricense al momento de la investigación, para luego formular dos productos modelo; entre los meses de junio y julio del 2017 se realizó un sondeo en 13 supermercados costarricenses y, utilizando como referencia la definición de salsa de tomate del Código de Regulaciones Federales (CRF) de los Estados Unidos (16), se identificaron 16 salsas diferentes. Para mayonesa, dada la menor disponibilidad de productos en el mercado, se realizó el sondeo en 8 supermercados entre los meses de agosto y septiembre del 2018. Se utilizó la definición del Reglamento Costarricense para Mayonesa (17) y se identificaron 7 productos. Todas las muestras identificadas se obtuvieron y procesaron de tal forma que se obtuvo una caracterización según ingredientes, contenido de sodio reportado en etiqueta, valor obtenido experimentalmente y características fisicoquímicas. Los análisis fisicoquímicos fueron realizados a 3 lotes independientes de cada uno de los productos muestreados. Se midió el pH con un pHmetro modelo 827 (Metrohm, Suiza) y el método de la AOAC 981.12 (18), la actividad de agua (aw) con un medidor

AquaLab 4TE (Aqualab, USA) siguiendo el método de la AOAC 978.18 (18); el color, según la escala Hunter Lab y con iluminación D65 y 10° de inclinación, utilizando un colorímetro Color Flex modelo 45/0 (Hunter Lab, USA), y el contenido de sodio aplicando el método de la AOAC 987.0 (18). Las salsas se caracterizaron además según contenido de sólidos solubles utilizando un refractómetro de Abbe modelo NAR-1T (Atago, Japón) y los métodos de la AOAC 932.12 y 932.14 (18). Este dato se corrigió por temperatura y acidez (determinada por métodos potenciométricos según método de la AOAC 942.15 (17) aplicando la ecuación [1].

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

La consistencia de las salsas se midió con un consistómetro de Bostwick (CSC Scientific, USA) según protocolo del CRF de Estados Unidos (16). Para clasificar una salsa de tomate por consistencia, el producto no debe avanzar más de 14 cm en 30 s a 20 ± 1 °C (16). La viscosidad de las mayonesas se midió con un viscosímetro Synchroelectric 98936-10/15 (Brookfield Engineering Laboratories, USA) con un usillo R7 y velocidad de 5 rpm.

Preparación de prototipos estándar. Las características fisicoquímicas determinadas se utilizaron para formular prototipos con características representativas de los análogos comerciales. Las Tablas 2 y 3 indican los ingredientes utilizados, los cuáles están presentes en 80% o más de los productos comerciales; excepto el almidón en salsa de tomate (62,5%), incorporado dado que podría contribuir con la textura y favorecer la aceptación de una versión reducida en sodio. Para salsa de tomate, se mezclaron los ingredientes y se ajustó el pH a 3,9, valor intermedio de los obtenidos en muestras comerciales. Se realizó la cocción de la mezcla utilizando una marmita de vapor. La salsa se calentó a temperatura de ebullición y se mantuvo en esa condición hasta alcanzar 24 °Brix. Posteriormente se aplicó un llenado en caliente a >85 °C en envases de vidrio. El tratamiento térmico se dimensionó considerando el pH de la salsa (19). El producto comercialmente estéril se mantuvo a temperatura ambiente hasta su uso. Para confirmar la esterilidad, se aplicó la prueba de esterilidad comercial a 3 muestras utilizando la metodología de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) (20). Para mayonesa, se preparó una emulsión homogénea mezclando los ingredientes en

una licuadora industrial modelo 37BL19 (Waring, USA). Se envasó en envases plásticos flexibles y se almacenó a <5 °C. Para confirmar su inocuidad, se analizó *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (21).

Determinación del umbral de diferencia apenas perceptible para el gusto salado. Se siguió el procedimiento descrito por Lawless y Heymann (22) y Cubero et al. (23). A partir de los prototipos desarrollados de mayonesa y salsa de tomate, se prepararon muestras con diferentes concentraciones de sal para determinar el umbral de diferencia apenas perceptible para el gusto salado. Las concentraciones máximas (cantidad de sal reconocida como muy alta para el producto) y mínimas (cantidad menor en la que aún se percibe el gusto salado) se determinaron en pruebas preliminares con 5 panelistas. En mayonesa, se utilizaron valores de 0,67% y 2,5% y en salsa de tomate de 0,13% y 4,16%. Las demás concentraciones se establecieron aplicando 6 aumentos semilogarítmicos al valor más bajo hasta alcanzar el máximo elegido. El estímulo constante (concentración de sal a reducir) correspondió a 1,8% para ambos productos; este porcentaje corresponde al valor promedio de la concentración de sal presente en los productos análogos comerciales. Se utilizó una prueba de discriminación 2-AFC donde los panelistas debían escoger la muestra más salada en cada uno de 6 pares. En cada par se presentó el estímulo constante junto a una muestra con la concentración correspondiente a un punto de la curva psicofísica. Las muestras fueron codificadas con tres dígitos, aleatorizadas y balanceadas por el sistema FIZZ v 2.0 Biosystems (Biosystemes, Couternon, France). Los panelistas probaron un iniciador (primer) antes de la prueba para adecuar el paladar al producto. El iniciador corresponde a la muestra con menor concentración de sal evaluada. Se realizaron enjuagues con agua desionizada entre cada par de muestras, con un tiempo de espera de 20 s posteriores, para evitar acarreamiento o adaptación al estímulo. Para mayonesa, se utilizó agua tibia (50 °C) para favorecer la eliminación de los residuos de grasa en el paladar. Se utilizaron chips de tortillas fritas, de igual dimensión y sin sal, se presentó

30 mL de salsa o 3 g de mayonesa. Cada panelista se ubicó en una cabina independiente provista de luz blanca (salsas) o roja (mayonesas). Se aplicó un diseño experimental irrestricto aleatorio con un arreglo unifactorial correspondiente a las concentraciones de sal añadidas a ambos productos. Se realizaron 40 (salsa de tomate) y 50 (mayonesa) repeticiones (número de panelistas que participaron en la prueba) con 6 tratamientos (cada par de muestras). La variable respuesta fue el número de veces que se escogió la muestra diferente al estímulo constante como la más salada (número de aciertos). Se utilizó un d' (dimensión de la diferencia) de 1 (34), nivel de significancia de 0,05 y potencia de prueba de 0,95 (24). Panelistas no entrenados debían ser consumidores habituales de los productos, cada producto se trabajó con un grupo de consumidores diferente. Se graficaron los porcentaje de aciertos en el eje Y y la concentración de sodio en el eje X y se construyeron las curvas psicofísicas. Se determinó la línea de mejor ajuste mediante regresión lineal y se calculó el coeficiente de determinación. La DAP se calculó utilizando la ecuación [2]. Se interpolaron las concentraciones de sodio en los puntos 87,5% (X_2) y 62,5% (X_1) del eje Y. Valores que corresponden a los puntos donde se interpola el límite superior e inferior del intervalo de confianza (23). Para esto, se divide el intervalo de incertidumbre entre dos (50%).

$$[2] \quad DAP = \frac{X_2 - X_1}{2}$$

A las DAPs obtenidas se agregó un factor de seguridad de 0,03% para, basado en la teoría de Henney *et al.* (4), procurar que el consumidor no detecte diferencias entre los productos; ya que si el valor está justo en el límite obtenido matemáticamente, la sensibilidad de los panelistas podría afectar debido a cambios de percepción normales en el gusto salado.

Validación de la reducción de sodio. Se empleó un diseño experimental irrestricto aleatorio unifactorial con 2 niveles (formulación no reducida en sodio y formulación reducida). Se conformó

un panel con 40 panelistas no entrenados y se aplicó una prueba de discriminación 2-AFC. Los resultados fueron estadísticamente analizados con un análisis binomial de una cola a un nivel de significancia de 0,05 y se calculó el d' utilizando las tablas de Ennis *et al.* (24). Al detectarse diferencias significativas entre las salsas, se realizó una prueba de agrado para determinar si los consumidores mostraban preferencia por alguna de las dos formulaciones. Para esto, se aplicó un diseño experimental irrestricto aleatorio con un arreglo unifactorial de 4 niveles correspondientes a dos muestras comerciales (salsas comerciales con los extremos superior e inferior de concentración de sal), formulación reducida en sodio y formulación no reducida. Se utilizó una escala lineal híbrida para procurar la utilización de los puntos intermedios de la escala, reducir el error de habituación y error de contexto y para el uso de estadística paramétrica en el análisis de datos (25). Se aplicó la prueba a 112 consumidores no entrenados considerando lo recomendado por Hough *et al.* (26). Para el análisis estadístico de los resultados, se aplicó un estudio de conglomerados enfocado en determinar la diferencia en el agrado hacia el producto entre grupos de consumidores que utilizaron la escala de manera diferente o que tuvieron preferencias diferentes. Se realizó un análisis de varianza de una vía en conjunto con una prueba de comparación de medias Fisher-LSD utilizando el programa JMP[®] Pro 11, con un nivel de significancia de 5%.

Resultados

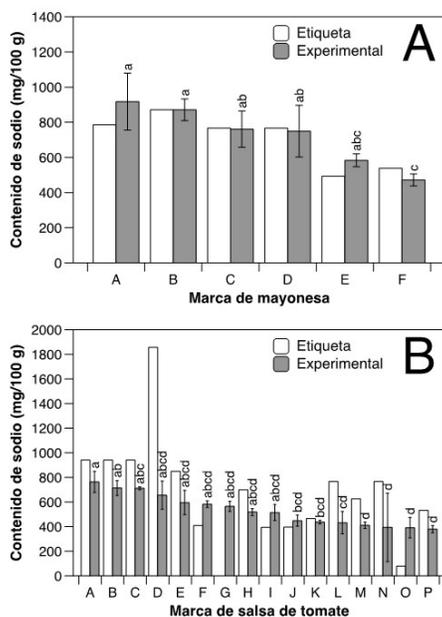
Caracterización de salsas y mayonesas comerciales. La Tabla 1 resume las características fisicoquímicas de ambos productos. Un 70% de las salsas resultaron de producción nacional seguido de un 20% producido en Guatemala y un 10% en Estados Unidos. El envase más común fue bolsas de plástico flexible (62,5%) seguido por botella plástica. Todos los productos analizados cumplieron con el estándar (17) respecto a consistencia para salsas de tomate. En mayonesa, todos los productos fueron nacionales y se comercializan en envase plástico flexible. La Figura 1 muestra el contenido de sodio reportado en las etiquetas de los productos versus los valores obtenidos experimentalmente. Las pruebas microbiológicas realizadas confirmaron la esterilidad comercial de las salsas preparadas y la ausencia de *Salmonella*, *E. coli* y *L. monocytogenes* en las mayonesas manufacturadas.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de salsas de tomate y mayonesas comerciales.

Característica	Salsa de tomate	Mayonesa
pH	3,44 – 4,05	2,99 – 3,88
Sólidos solubles (°Brix)	11-34	No se determinó
Consistencia (cm)	<14	No se determinó
Viscosidad (cp)	No se determinó	97300 – 221900
Color	L* = 19,2 – 30,2 a* = 19,7 – 32,1 C = 24,8 – 41,8	L* = 83,9 – 88,8 a* = -1,1 – 0,72 b* = 16,3 – 22,1
Aw	0,95 – 0,98	0,935 - 0,985
Concentración de sodio (mg/100 g)	400,0– 900,0	472,3 – 971,0

Tabla 2. Formulaciones de salsa de tomate estándar y reducida en sodio.

Ingredientes	Porcentaje (%)	
	Formulación estándar	Formulación reducida en sodio
Agua	67,7	68,1
Pasta de tomate	16,3	16,3
Azúcar	6,1	6,1
Vinagre (4% acidez)	4,9	4,9
Espesante (almidón)	3,0	3,0
Sal	1,8	1,3
Espesias (cebolla y ajo en polvo)	0,2	0,3



*La identidad de las marcas comerciales ha sido protegida utilizando un sistema de codificación.

Figura 1. Concentración de sodio reportada en etiquetas versus valor obtenido experimentalmente.

(A) salsa de tomate; (B) mayonesa.

Las barras de error representan la desviación estándar (n = 3). Las mismas letras sobre las barras indican que, posterior a la ejecución de un análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los promedios con la aplicación de una prueba Tukey HSD, P ≤ 0,05.

Tabla 3. Formulaciones de mayonesa estándar y reducida en sodio.

Ingredientes	Formulación estándar	Formulación reducida en sodio
	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Aceite	73,0	73,2
Huevo	12,5	12,6
Vinagre (4% acidez)	11,5	11,5
Sal	1,8	1,53
Azúcar	1,0	1,0
Ácido cítrico	0,1	0,13
Espesias (ajo en polvo)	0,1	0,1

Determinación del umbral de DAP. Las curvas psicofísicas se describen en la Figura 2. En salsa de tomate, se obtuvo una DAP de 0,54% y para mayonesa 0,29%. Considerando el margen de seguridad agregado, se utilizaron valores de 0,51% y 0,26% respectivamente; significando una disminución de 28,3% y 14,4% del contenido de sal en la salsa de tomate y mayonesa, respectivamente. Las características fisicoquímicas de los productos desarrollados se detallan en la Tabla 4.

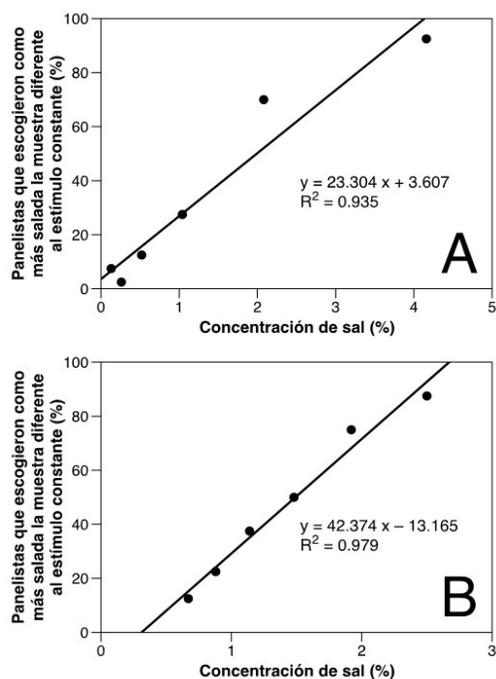


Figura 2. Curvas psicofísicas para la determinación de umbrales apenas perceptibles en (A) salsa de tomate; (B) mayonesa.

Validación de la DAP. En salsa de tomate, 27 de 40 panelistas ($d' = 0,64$) identificaron correctamente la muestra más salada; según Ennis *et al.* (24) esto significa que los consumidores lograron discriminar significativamente ($P < 0,05$) la salsa reducida en sodio de la no reducida. Para mayonesa, 30 de 50 panelistas acertaron y esto indica que los consumidores no lograron identificar de forma significativa ($P > 0,05$) ($d' = 0,36$) diferencias entre las dos formulaciones. Tras determinarse que los consumidores podían diferenciar los productos, se ejecutó una prueba de agrado. La Figura 3 resume los resultados. Al aplicar una prueba de Fisher-LSD, se confirmó que la salsa reducida en sodio gustó más que la versión regular (conglomerado 1) y no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el agrado para las salsas en los conglomerados 2 y 3.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de salsas de tomate y mayonesas desarrolladas.

Característica	Salsa de tomate		Mayonesa	
	Estándar	Reducida en sodio	Estándar	Reducida en sodio
pH	3,81	3,85	3,75	3,74
Sólidos solubles (°Brix)	24	24	No se determinó	No se determinó
Viscosidad (cp)	No se determinó	No se determinó	134000	115000
Consistencia (cm)	9,5	9,5	ND	ND
	C = 35,05	C = 34,75	L* = 78,75	L* = 80,9
Color	°h = 23,01	°h = 22,11	a* = -0,31	a* = -0,67
	L = 25,10	L = 24,01	b* = 16,92	b* = 14,43
Aw	0,9601	0,9597	0,9417	0,9600
Concentración de sodio (mg/100 g)	697,92	400,19	703,63	612,00

Valores determinados en los lotes de salsa de tomate y mayonesa elaborados para realizar las evaluaciones sensoriales.

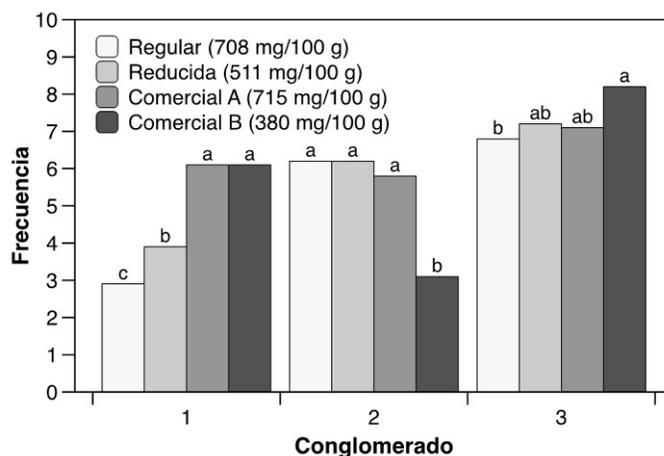


Figura 3. Agrado general de los panelistas, clasificado en conglomerados, para la salsa de tomate modelo (formulación no reducida en sodio), formulación reducida en sodio y dos salsas comerciales (A y B; las marcas comerciales han sido codificadas).

Medias en un mismo conglomerado con letras distintas difieren significativamente, luego de aplicar un análisis de varianza de una vía y una prueba de comparación de medias Fisher-LSD, $P \leq 0,05$.

Discusión

Los prototipos desarrollados cumplen con los perfiles fisicoquímicos de los productos comerciales (Tablas 1-4). Aspecto crítico ya que la elección de los consumidores se ve afectada cuando los productos reducidos en sodio no se asemejan al producto regular (27).

Variaciones importantes en el rango de pH de las salsas comerciales (Tabla 1) podrían atribuirse a diferencias en las materias primas utilizadas o preferencias de los consumidores en diferentes latitudes (productos importados). En mayonesas, las variaciones en pH, aw y viscosidad no son pronunciadas entre marcas, posiblemente dada la poca disponibilidad de mayonesas en el mercado, las exigencias de los consumidores hacia el perfil sensorial esperado del producto y la existencia de estándares de identidad que destacan los ingredientes requeridos y perfil fisicoquímico sugerido para garantizar la inocuidad y estabilidad microbiológica del producto (28).

En la Figura 1, sobresalen importantes diferencias entre el contenido de sodio reportado en la etiqueta y los valores obtenidos experimentalmente, así como la alta variabilidad en los resultados, principalmente para salsas de tomate. Esto sugiere la importancia de evitar variaciones en formulación o condiciones de proceso que puedan influir en el contenido de sodio del producto terminado. Según el Reglamento Técnico Centroamericano para Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios (RTCA 67.01.60:10) (29), se permite una desviación de un $\pm 20\%$ de los valores reportados en la etiqueta; por lo que se debería prestar especial atención a aquellos que sobrepasan este nivel. Se debe aclarar que los resultados reportados corresponden únicamente a 3 lotes; por lo que se requeriría un mayor número de muestras para concluir sobre el grado de cumplimiento regulatorio.

Las curvas psicofísicas para la determinación de la DAP para el gusto salado (Figura 2) muestran, para ambos productos, una correlación significativa entre la concentración de sal y el porcentaje de aciertos, lo cual aumenta el nivel de confianza sobre el valor de reducción calculado. La literatura recomienda un coeficiente de correlación superior a 0,875 (30), el cual se sobrepasó considerablemente. La selección de las concentraciones del estímulo resulta crucial para obtener valores de umbral representativos para la población de interés (23). Una curva psicofísica debe presentar un comportamiento sigmoidal conocido como función psicométrica (31), en la cual la respuesta a niveles de estímulo por debajo del umbral

debe estar alrededor de una línea base y luego crecer más rápido por encima del umbral (32). Es esperado que la función se aplane o estabilice cuando se acerca el resultado a la respuesta máxima, esto producto de la saturación de los sitios receptores del estímulo (23). Experimentalmente, no se observó una forma sigmoidal; no obstante, sí se obtuvo la sección de la curva en donde el porcentaje de aciertos sube rápidamente y alcanza mayores proporciones, valores cercanos a la zona de saturación. Es importante que esta sección permita interpolar entre los puntos 62,5% y 87,5% de la función tal como se describe en la metodología (23). Asimismo, el máximo porcentaje de aciertos obtenidos estuvo cercano al 90% o bien por encima de este valor; lo cual aumenta la robustez de los datos obtenidos. Los valores de DAP obtenidos corresponden al cambio físico mínimo necesario para que una persona perciba el cambio en la concentración de sal en el 50% de las veces que se expone al estímulo (31). La reducción de sal obtenida resultó mayor para salsa de tomate que para mayonesa. Un estudio previo permitió reducir la concentración de sodio de 640 mg por porción a 496 mg en jugo de tomate (reducción de un 22,5%) sin obtener diferencias en el agrado de los productos (33); esto concuerda con lo obtenido experimentalmente y podría sugerir la presencia de otros componentes en el tomate que disminuyan el impacto sensorial general de la reducción de sodio.

Es interesante como los consumidores no fueron capaces de detectar diferencias entre las mayonesas pero sí entre salsas de tomate. Esto destaca la importancia de realizar estos estudios para cada producto dado que la posibilidad de realizar ajustes en una formulación recae sobre el perfil sensorial del producto y el grado de sensibilidad de los consumidores hacia un estímulo dado. Para la mayonesa se obtuvo un valor d' inferior que para salsa de tomate. Este valor corresponde al grado de diferencia que se encontró entre los dos productos. Un valor de 1 es considerado como el umbral en la psicofísica (43), que corresponde al cambio mínimo de intensidad del estímulo que apenas es percibido en una sensación por los consumidores. Un valor bajo de d' indica que el nivel de dificultad

para encontrar la mayonesa reducida en sodio, en comparación con la salsa de tomate, es mayor. Sin embargo, el valor de d' de la salsa de tomate fue inferior a 1, lo que significa que la diferencia entre la salsa regular y la reducida es muy pequeña, lo cual se comprobó con valores de aceptación altos por parte de consumidores. Valores más bajos de d' se han obtenido previamente aplicando la misma metodología en productos cárnicos (23). En mayonesas, dado que ambas muestras no se percibieron diferente en cuanto al estímulo salado, se puede prever que el agrado de los consumidores hacia ambos productos sería el mismo (23, 34). La confianza sobre los resultados reportados es alta dado que se utilizó la prueba de discriminación 2-AFC, la cual es una prueba estadísticamente más potente en comparación con las pruebas de triángulo o duo-trío, y fue diseñada para garantizar que, de existir diferencia entre las muestras, esta se perciba con mayor probabilidad que con otra prueba. Para detectar una diferencia en un estímulo con una prueba 2-AFC, se requieren tamaños de muestra más reducidos que con otras pruebas (34).

En el caso de la salsa de tomate, pese a utilizar la misma metodología y obtener un valor d' por debajo de 1, los consumidores fueron capaces de distinguir entre ambos productos. La prueba de agrado realizada evidenció la presencia de tres conglomerados (51, 36 y 25 panelistas respectivamente) descritos en la Figura 3. Los resultados muestran 2 tendencias puntuales; los consumidores que califican los productos con calificaciones bajas (conglomerados 1 y 2), independientemente de la marca o la formulación degustada, y las personas que describen las salsas con calificaciones altas (conglomerado 3), lo cual responde al uso idiosincrático de la escala por los jueces. En el conglomerado 1 sobresale como los consumidores prefirieron las salsas comerciales por encima de los prototipos desarrollados pese a que ambas presentan una cantidad diferente de sodio (valores máximo y mínimo de los productos comerciales). Este resultado indica que el agrado, para este grupo, se vio influenciado por factores distintos al contenido de sal. En el conglomerado 2, la salsa estándar sin reducir en sodio y una de las marcas comerciales (muestra con mayor contenido

de sodio) fueron las más gustadas; por lo que este grupo (32% de la población) sí resultó afectado por el contenido de sodio en las muestras y prefiere de forma significativa ($P < 0,05$) los productos con mayor contenido de sodio. No obstante, este resultado sugiere que la reducción de sodio sugerida es aceptable pues permite posicionar el producto reducido en sodio dentro de las muestras de preferencia. Finalmente, para el conglomerado 3 no se observaron diferencias significativas entre el agrado de las salsas reducidas en sodio de las no reducidas y este resultado no discrepa del agrado presentado hacia una de las marcas comerciales estudiadas (menor contenido de sodio en las muestras comerciales). Este hallazgo indica que este grupo de consumidores muestra un agrado superior por las salsas con menor contenido de sodio, lo cual favorece la intención de esta investigación. Al evaluar los resultados de forma integral, el número de consumidores que prefieren igual o en mayor medida los productos reducidos en sodio es superior y esto valida los valores de DAP para sabor salado obtenidos. Rutinariamente, las investigaciones para reducir el contenido de sodio en diferentes productos emplean métodos hedónicos o descriptivos (23). Sin embargo, los resultados aquí expuestos e investigaciones realizadas bajo esta metodológico (23, 35, 36) confirman que las pruebas de discriminación y la determinación de umbrales representa un alternativa promisorio para lograr reducir el contenido de sodio en alimentos sin que el consumidor perciba diferencias. La OMS ha recomendado reducciones progresivas en el contenido de sodio de los alimentos para lograr niveles más bajos de ingesta en la dieta (1). Esta estrategia permitiría a los consumidores adaptarse a contenidos más bajos de sodio sin ser conscientes del cambio.

Conclusiones

La reducción de sodio en salsas de tomate y mayonesas, mediante un enfoque sensorial de determinación de umbrales, es factible para ambos productos. El consumidor no detectaría diferencias entre la formulación estándar y la versión reducida de sodio de mayonesa y, pese a la posibilidad de detectar diferencias pequeñas entre las salsas de tomate, mostraría igual o mayor preferencia el producto reducido en sodio. Estos resultados permitirían guiar a la industria alimentaria regional en el mejoramiento del perfil nutricional de estos productos. La reducción de sodio u otros componentes de interés, como por ejemplo azúcar, podría aplicarse a otros productos al reproducir la metodología aquí descrita.

Conflicto de interes

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. World Health Organization. 2012. Guideline: sodium intake for adults and children. INTERNET: https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf. Última revisión: 21 de marzo 2020.
2. Capuccio FP, Sever PS. The importance of a valid assessment of salt intake in individuals and populations. A scientific statement of the British and Irish Hypertension Society. *J Hum Hypertens*. 2019; 33:345–348.
3. Constantine M, Iliuta A. The role of sodium in the body. *Balneo Res J*. 2011; 2(1):70-74.
4. Institute of Medicine (US) Committee on Strategies to Reduce Sodium Intake. Henney JE, Taylor CL, Boon CS. Editores. Strategies to reduce sodium intake in the United States. National Academies Press, Estados Unidos. 2010.
5. Saavedra L, Bernabé A, Diez F, Miranda J. Generando información: ¿Sabemos cuánto es el consumo promedio de sal y cuáles son sus fuentes? *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 2014; 31(1):169-80.
6. Ministerio de Salud de Costa Rica. 2018. Costa Rica consume más del doble de sal recomendada. San José. INTERNET. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/noticias/noticias-2018/1286-costa-rica-consume-mas-del-doble-sal-2>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
7. Blanco A, Montero M, Núñez H, Gamboa C, Sánchez G. Avances en la reducción de consumo de sal y sodio en Costa Rica. *Rev Panam Salud Pública*. 2012. 32(4):316–20.
8. Jaenke R, Barzi F, McMahon E, Webster J, Brimblecombe J. Consumer acceptance of reformulated food products: A systematic review and meta-analysis of salt-reduced foods. *Crit Rev Food Sci*. 2017; 57(16):3357-3372.
9. Quiralta V, Reyes M, Albornoz D, Pinheiro A. Efecto del contenido de sal en la calidad sensorial de pan. *Rev Chilena Nutr*. 2015. 42(3): 291-296.
10. Gomes AP, Cruz AG, Cadena RS, Celeghini RMS, Faria JAF, Bolini HMA, Pollonio MAR, Granato D. Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. *J Dairy Sci*. 2011; 94(6):2701–2706.
11. Campagnol PCB, Dos Santos BA, Terra NN, Pollonio MAR. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. *Meat Sci*. 2012; 91(3):334–338.
12. Grummer J, Bobowski N, Karalus M, Vickers Z, Schoenfeld T. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium cheddar cheese. *J Dairy Sci*. 2013; 96(3): 1401–1418.
13. Bi J, Ennis D. Sensory thresholds: concepts and methods. *J Sens Stud*. 1998; 13:133-148.
14. Meilgaard M, Civille GV, Carr T. 2006. Sensory Evaluation Techniques, 3ra edición. CRC Press, Miami.
15. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2013. Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares. Principales resultados. San José. INTERNET. <http://www.inec.cr/encuestas/encuesta-nacional-de-ingresos-y-gastos-de-los-hogares>. Última revisión: 24 de enero del 2020.
16. Code of Federal Regulations (CFR). 2017. Section 155. 194 Catsup. INTERNET. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=155.194>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
17. Gobierno de Costa Rica. 1992. Decreto N22020-MEIC NCR 207:1992. Mayonesa. INTERNET: <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/reglamentacion-tecnica/22020.pdf>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
18. AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International – 20th Edition. AOAC International, Estados Unidos.
19. Pflug IJ. 1998. Microbiology and Engineering of Sterilization Processes. 9 edición. Environmental Sterilization Laboratory, Estados Unidos.
20. US Food and Drug Administration (FDA). 1998. Bacteriological Analytical Manual. 8 edición. INTERNET. <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
21. US Food and Drug Administration (FDA). 2011. Bacteriological Analytical Manual. INTERNET. <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
22. Lawless H, Heymann H. 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices, 2da edición. Springer, Estados Unidos.
23. Cubero-Castillo E, Araya-Morice A, Hernández-Campos D, Araya-Quesada Y. Salt reduction without consumer awareness using a sensory threshold approach: a case study in meat products. *CyTA-J Food*. 2019; 17(1): 763-769.
24. Ennis D, Rousseau B, Ennis J. 2014. Tables for Product Testing Methods. En: Ennis D, Rousseau B, Ennis J. Tools and applications of sensory and consumer science: 52 technical report scenarios based on real-life problems. Institute for Perception: Estados Unidos.
25. Villanueva NDM, Petenate AJ, DA Silva MAAP. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Qual Pref*. 2005; 691-703.

26. Hough G, Wakeling I, Mucci A, Chambers E, Méndez I, Rangel L. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Qual Pref.* 2006; 17:522-526.
27. Zandstra EH, Lion R, Newson RS. Salt reduction: Moving from consumer awareness to action. *Food Quality and Preference.* 2016; 48:376–381.
28. US Food and Drug Administration (FDA). 2019. Título 21. Capítulo I. Parte 169. Subparte B. Sección 169.140 Mayonnaise. INTERNET. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=169.140>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
29. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 67.01.60:10). 2010. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad. INTERNET. <https://extranet.who.int/nutrition/gina/sites/default/files/COMIECO%202011%20Etiquetado%20Nutricional%20de%20Productos%20Alimenticios%20Preenvasados%20para%20Consumo%20Humano.pdf>. Última revisión: 21 de marzo 2020.
30. Brown DGW, Clapperton JF, Meilgaard MC, Moll M. Flavor thresholds of added substances. *J Am Soc Brew Chem.* 1978; 36(2):73–80.
31. Boring EG. 1942. Sensation and perception in the history of experimental psychology. Appleton-Century-Crofts, Inglaterra.
32. Marin AB, Barnard J, Darlington RB, Acree TE. Sensory thresholds: estimation from dose-response curves. *J Sens Stud.* 2018; 6(4):205–225.
33. Bobowski N, Rendahl A, Vickers Z. A longitudinal comparison of two salt reduction strategies: Acceptability of a low sodium food depends on the consumer. *Food Qual Pref.* 2015; 40 (B): 270-278.
34. O'Mahony M, Rousseau, B. Discrimination testing: A few ideas, old and new. *Food Qual Pref.* 2003; 14(2):157–164.
35. Antúnez L, Giménez A, Ares G. A consumer-based approach to salt reduction: Case study with bread. *Food Res Int.* 2016; 90:66–72.
36. Orellana-Escobedo L, Ornelas-Paz J, Olivas G, Guerrero-Beltran J, Jimenez-Castro J, Sepulveda DR. Determination of absolute threshold and just noticeable difference in the sensory perception of pungency. *J Food Sci.* 2012; 77:135–139.

Recibido: 21/04/2020

Aceptado: 17/08/2020