

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Escuela de Tecnología de Alimentos

Proyecto de Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de
Tecnología de Alimentos para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
de Alimentos

**EFEECTO DEL USO DE UN MEJORADOR PANARIO, GOMAS Y
POTENCIADORES DE SABOR SOBRE EL SABOR SALADO DE UN
PAN BLANCO DE MOLDE REDUCIDO EN SODIO**

Carlos Andrés Leandro Brenes

Carné: B03391

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

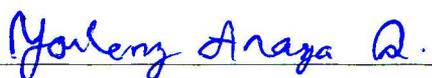
San José, Costa Rica

Abril, 2019

TRIBUNAL EXAMINADOR

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

Aprobado por:



MGA. Yorlenny Araya Quesada
Directora del proyecto



M.Sc. Jacqueline Aiello Ramírez
Asesora del proyecto



Ph.D. Elba Cubero Castillo
Asesora del proyecto



Ph.D. Carolina Rojas Garbanzo
Presidenta del tribunal



M.Sc. Lea Margarita Wexler Goering
Profesora designada

DEDICATORIA

*A mis padres y hermano,
que nunca han dejado de creer en mí*

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres porque siempre han sido incondicionales y grandes ejemplos para mi formación como persona. Mami, por siempre llenarme de pensamientos positivos y hacerme sentir confianza en mí mismo, y papi por enseñarme a ser una persona luchadora. A mi hermano, gracias por siempre tener las palabras motivadoras en los momentos necesarios.

A mis amigos del alma y de toda la vida: Marijo, Nati, Gabriel, Juanca y Luis, gracias por siempre estar pendientes y acompañarme durante todo el proceso, y por todas las palabras de apoyo que me brindaron.

A Piti, que apareció en mi vida en el momento necesario, y cuando el proyecto estaba en su máximo desarrollo. Tengo que agradecerle por regañarme constantemente para permanecer enfocado en el trabajo, hacer que fuera constante mi esfuerzo y aguantarme en mis momentos de máximo estrés.

Por último, a todas esas personas increíbles que me dejó la universidad, especialmente a las “blas”. Johan, por ser ejemplo de que las cosas hay que cuestionárselas (aunque no al extremo), por ser compañero de estudiadas, de momentos icónicos y amigo incondicional. A Sebas, gracias por sacarnos risas con cada cosa que dice, a pesar de ser el más callado del grupo, además por toda la sinceridad que lo caracteriza. Vane, la última adición del grupo y una de las más valiosas, ojalá hubiera llegado más temprano para hacer mis primeros años de U más épicos, gracias por ese cariño que siempre he sentido de su parte. Dili, mi paso por TA nunca hubiera sido el mismo sin escuchar sus risas por todos los rincones de todos los edificios, sus risas, presencia y amistad me llenan de vida. Oscar, después de que pensé que le caía mal se convirtió en uno de los mejores amigos, gracias por ser una persona que siempre tiene una sonrisa y algún comentario gracioso hasta en los peores momentos. Luci, en una vida llena de despiste, logré llamar su atención y nos hicimos amigos, gracias por todas las risas y por ser ejemplo de tranquilidad en momentos de máximo estrés. Ana, gracias por ser la mejor pareja de laboratorio, por ayudarme en la parte experimental de la tesis cuando lo necesitaba y por ser la primera gran amiga que hice en la U.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	xi
1. JUSTIFICACIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Proceso de elaboración del pan.....	5
3.2. Sodio y su función en alimentos	9
3.3. Gomas: tipos y función en alimentos.....	10
3.4. Formas de reducción de sodio en alimentos	12
3.5. Sodio y potenciadores	13
3.6. Pruebas sensoriales de discriminación.....	15
3.7. Análisis del perfil de textura	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. Localización.....	19
4.2. Materiales.....	19
4.2.1. Elaboración del pan	19
4.2.2. Paneles sensoriales	19
4.2.3. Análisis fisicoquímicos.....	19
4.3. Métodos.....	20

4.3.1.	Formulación.....	20
4.3.2.	Descripción de las materias primas	20
4.3.3.	Proceso de elaboración	21
4.3.4.	Preparación de las muestras para los paneles sensoriales.....	24
4.4.	Diseño experimental y métodos de análisis	24
4.4.1.	Evaluación del efecto del mejorador panario comercial sobre el sabor salado.....	24
4.4.2.	Efecto de la goma empleada sobre el sabor salado, humedad y textura en el tiempo de almacenamiento.....	25
	Sensorial - Efecto de la goma sobre la percepción del sabor salado	26
	Sensorial – Efecto de la goma sobre la percepción del sabor salado en el almacenamiento	27
	Humedad.....	28
	Perfil de textura	28
4.4.3.	Efecto de los potenciadores de sabor sobre la percepción del sabor salado...	29
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1.	Efecto del mejorador sobre el sabor salado	31
5.2.	Efecto de las gomas sobre el sabor salado, humedad y perfil de textura.....	33
5.2.1.	Efecto de las gomas sobre el sabor salado.....	33
5.2.2.	Efecto de las gomas sobre el sabor salado durante el almacenamiento.....	35
5.2.3.	Efecto de las gomas sobre la humedad durante el almacenamiento.....	37
5.2.4.	Efecto de las gomas sobre el perfil de textura durante el almacenamiento	38
5.3.	Efecto de los potenciadores sobre el sabor salado	41
6.	CONCLUSIONES.....	43
7.	RECOMENDACIONES.....	44
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	45

9. ANEXOS	52
9.1. Promedios de los resultados de las variables respuesta fisicoquímicas evaluadas para determinar el efecto de las gomas durante el almacenamiento.	52
9.2. ANDEVAS para los resultados del efecto de las gomas sobre las variables fisicoquímicas de humedad, dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad del pan durante su almacenamiento por 4 días	53
9.3. Información sobre el mejorador comercial utilizado	54
9.4. Información sobre la harina utilizada	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Formulación base del pan blanco de molde reducido en sodio.	20
Cuadro II. Descripción de las materias primas utilizadas para la elaboración del pan blanco de molde.	21
Cuadro III. Tratamientos para determinar el efecto de la goma sobre el sabor salado y dulce, con cuatro pares de 2-AFC.	27
Cuadro IV. Tratamientos para determinar el efecto de la goma sobre el sabor salado durante el almacenamiento, con cuatro pares 2-AFC.....	28
Cuadro V. Tratamientos para determinar el efecto del potenciadores sobre la percepción del sabor salado en pan blanco de molde, con cuatro pares de 2-AFC	30
Cuadro VI. Resultado obtenido en la prueba tétrada realizada con 89 panelistas, para determinar si el mejorador provocó diferencia en el sabor, utilizando un alfa de 5% y una potencia de 0,9.....	31
Cuadro VII. Resultados obtenidos en las pruebas 2-AFC realizadas con 33 panelistas, para determinar el efecto de las gomas en el sabor salado, utilizando un alfa de 5% y una potencia de 0,9.	34
Cuadro VIII. Resultados obtenidos en la prueba 2-AFC realizada con 33 panelistas, para determinar el efecto de las gomas en el sabor salado durante el almacenamiento, utilizando un alfa de 5% y una potencia de 0,9.....	36
Cuadro IX. Promedio de los porcentajes de humedad obtenidos para la determinación del efecto de la goma sobre la humedad del pan durante el almacenamiento, con un alfa de 5%.	37
Cuadro X. Promedio de las variables de textura obtenidas para la determinación del efecto de la goma sobre el perfil de textura del pan durante su almacenamiento, con un alfa de 5%.	39
Cuadro XI. Resultados obtenidos en la prueba 2-AFC realizada con 33 panelistas, para determinar el efecto de los ácidos orgánicos utilizados como potenciadores en el sabor salado,	

comparando un control reducido en sodio y otro sin reducción contra un tratamiento reducido en sodio y con potenciador, para un alfa de 5% y una potencia de 0,9.	41
Cuadro A I. Promedios de los porcentajes de humedad obtenidos en cada repetición y utilizados para la realización del análisis estadístico, para la determinación del efecto de la goma sobre la humedad del pan durante el almacenamiento.	52
Cuadro A II. Promedios de las variables de textura utilizados para la realización del análisis estadístico, para la determinación del efecto de la goma sobre el perfil de textura del pan durante su almacenamiento.	52
Cuadro A III. Análisis de varianza para los resultados del efecto de uso de gomas sobre las variables fisicoquímicas del pan durante un almacenamiento de 4 días.	53
Cuadro A IV. Prueba de contrastes realizada sobre el facto goma en la variable respuesta “masticabilidad”.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de pan blanco de molde.	23
Figura 2. Ejemplo de preparación de muestras servidas a un juez. Este caso corresponde a una prueba 2-AFC, brindando una muestra “primer” o iniciadora.....	24
Figura 3. Corte longitudinal de una rebanada de pan de una formulación control y otra con mejorador.....	32

RESUMEN

Leandro Brenes, Carlos

Efecto del uso de un mejorador panario, gomas y potenciadores de sabor sobre el sabor salado de un pan blanco de molde reducido en sodio

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

Leandro-Brenes, C. 2019.

69 págs. 5 il. 67 refs.

Se realizó un estudio sobre el efecto de tres ingredientes de uso común en panificación sobre el sabor salado propiedades fisicoquímicas de un pan blanco de molde. Se encontró, que el mejorador comercial causa diferencias en el pan, haciendo probable que este se percibiera más salado.

Además, se estudió el efecto de incorporar goma xantán en 0,25%, y goma algarrobo en 0,9%, tanto sobre la percepción del sabor salado como sobre la humedad y perfil de textura durante un almacenamiento de cuatro días. No se encontró diferencia significativa en el sabor salado por la incorporación de las gomas, ni durante el tiempo de almacenamiento. Con respecto a la humedad no se encontraron diferencias debidas a la goma ni tiempo. Por otro lado, en el perfil de textura, se encontraron diferencias en las muestras debidas al tiempo de almacenamiento, viéndose un aumento en las variables dureza y masticabilidad al cuarto día, y una disminución en la elasticidad y cohesividad durante este periodo. La masticabilidad cambió significativamente por las gomas y fue más alta cuando se utilizó alguna goma que cuando no se incorporaron, sin embargo, entre las gomas no hubo diferencia sobre esta variable.

Por último, se estudió la capacidad del ácido cítrico y cremor tártaro de potenciar el sabor salado, incorporados al 0,4 y 0,6% respectivamente. Con pruebas sensoriales de discriminación se encontró que el ácido cítrico funcionó para potenciar este sabor, ya que el pan se percibió más salado contra uno reducido, y no se notó la diferencia contra uno sin reducción.

1. JUSTIFICACIÓN

Muchos de los alimentos producidos a nivel industrial poseen aditivos que contienen sodio; uno de los más utilizados es el cloruro de sodio debido a su funcionalidad. Sin embargo, se ha observado que su alto consumo está directamente relacionado con un incremento en la presión sanguínea, además de ser el factor principal de riesgo de enfermedad cardiovascular, la cual es una de las principales causas de mortalidad a nivel global. Así mismo, se ha asociado con otros padecimientos de la salud como enfermedad renal, cáncer gástrico, desmineralización ósea, derrame cerebral, entre otros (Bolhuis *et al.*, 2011; Silow *et al.*, 2016).

Debido al impacto negativo que tiene su alta ingesta en la dieta, muchas instituciones a nivel global han intervenido, ya sea con planes de acción que pretendan hacer conciencia con respecto a este tema, o con cambios mayores a nivel de legislación. La Organización Mundial de la Salud (OMS) es una de las instituciones que ha publicado guías relacionadas con el consumo de sodio por parte de niños y adultos, que establece recomendaciones con el fin de educar a la población y lograr reducir estos problemas de salud (WHO, 2014). Así mismo, la Unión Europea ha tomado acciones para la reducción de sodio en los alimentos; en el 2006 se aprobó una regulación sobre “declaraciones de salud y nutrición hechas en alimentos” que incluye información sobre el contenido de sodio/cloruro de sodio (Silow *et al.*, 2016).

Según datos de la OMS, en el 2010 se reportó a nivel mundial una ingesta promedio de sodio de 3,95 g/día, lo que equivale a 10,6 g de sal/día. En contraste la OMS/FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) recomienda un consumo de menos de 2 g de sodio diarios. Cabe mencionar que aparte de esta recomendación, la mayoría de los países tienen sus propios lineamientos con respecto al consumo de este mineral (Silow *et al.*, 2016).

Costa Rica no es un caso ajeno a la situación de salud que se vive con respecto al alto consumo de sodio, ya que se ha observado en encuestas que la población adulta desconoce la diferencia entre sal y sodio y los riesgos asociados. El último dato registrado indica que se

consumen 7,1 g sal por persona por día (Blanco *et al.*, 2012), además se reportó en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2013, que la disponibilidad de sodio en los hogares sobrepasó 2,05 veces el máximo recomendado por la OPS (Organización Panamericana de la salud)/OMS (Blanco *et al.*, 2015).

En Costa Rica las enfermedades del sistema circulatorio constituyen las principales causas de muerte desde 1970, y es la hipertensión arterial la principal causa de consulta médica por parte de la población adulta (Montero *et al.*, 2015). Ante este panorama, la OPS y la OMS presentaron una “Iniciativa sobre la Prevención de Enfermedades Cardiovasculares Mediante la Reducción del Consumo de Sal”. En el 2011 Costa Rica se unió a los esfuerzos de estas instituciones y oficializó el Plan Nacional para la Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la Población de Costa Rica 2011-2021 (Blanco *et al.*, 2012) que tiene como objetivo principal el contribuir con la reducción de la morbilidad atribuible a la hipertensión arterial y enfermedad cardiovascular. Este objetivo se pretende cumplir mediante la reducción de sal en los alimentos que consume la población nacional, para alcanzar progresivamente la recomendación de la OMS (Ministerio de Salud, 2011).

Con base en lo anterior, se resalta la importancia y necesidad de reducir el sodio en los alimentos. Según Dötsch *et al.* (2009), entre el 75 y 80 % de la ingesta de este mineral en países industrializados está determinado por los alimentos procesados, de 10 a 12 % se encuentran naturalmente en el alimento y de 10 a 15 % restantes se asocian con el uso de sal para cocinar en el hogar. Es por esta razón que la reducción de sodio en los alimentos que se ofrecen al consumidor es una buena estrategia para balancear una ingesta adecuada del mismo. Además, se ha observado que el pan es el mayor contribuyente a la ingesta de sodio diaria en muchos países ya que juega un rol importante en los hábitos de alimentación y su contenido de sodio es relativamente alto (Bolhuis *et al.*, 2011).

En el caso del pan, la sal es un ingrediente primordial para su elaboración, y la presencia de otros ingredientes puede interferir en la forma en que es percibido este sabor, es por esto, que la disminución o sustitución de la sal, representa un gran reto. Los hidrocoloides y mejoradores panarios son dos ingredientes que pueden interferir sobre la percepción del sabor salado, y entre sus funciones se encuentran: impartir características deseables en la textura modificando la reología del pan, retardar el envejecimiento, facilitar el proceso de

elaboración y mejorar la calidad del producto final (Saha & Bhattacharya, 2010; Cauvain, 2017).

En diversos estudios se ha demostrado que pueden darse cambios relacionados con la percepción del sabor salado debido a estas variaciones en la reología del pan por la adición de mejoradores o gomas (Pflaum *et al.*, 2013; Panouillé *et al.*, 2014). De aquí surge un interés sobre la investigación del comportamiento de estos ingredientes en una formulación reducida en sodio.

Por último, debido a los efectos negativos que pueden generar los sustitutos de sal en la calidad sensorial, se observa un gran potencial en el uso de ingredientes alternativos que logren incrementar la percepción del sabor salado al actuar como potenciadores, de manera que se reduzca la cantidad de sodio ingerido en la dieta, aportado por un producto tan altamente consumido como el pan, y a la vez tratando de conservar las características de calidad para obtener un producto agradable que satisfaga los deseos del consumidor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de un mejorador panario comercial, gomas y potenciadores de sabor utilizados en la elaboración de un pan blanco reducido en sodio, sobre el sabor salado, la humedad y la textura.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Analizar el efecto de un mejorador panario comercial utilizado en la formulación de un pan blanco de molde reducido en sodio sobre el sabor salado.
- 2.2.2. Comparar el efecto de la goma xantán con la goma algarrobo utilizadas en la formulación de un pan blanco reducido en sodio, sobre el sabor salado, la humedad y el perfil de textura a lo largo del tiempo.
- 2.2.3. Evaluar el efecto del uso de ácido cítrico y cremor tártaro como potenciadores de sabor en un pan blanco de molde sobre el sabor salado.

3. MARCO TEÓRICO

La elaboración del pan data desde tiempos muy antiguos. Alrededor del año 7000 A.C. los humanos aprendieron a moler granos en agua y calentar esta mezcla en estufas para producir pan ácimo; pero fue hasta el año 3500 A.C. cuando los antiguos egipcios hicieron el pan (Rosell *et al.*, 2015). El pan es considerado como uno de los alimentos “procesados” más antiguos, por esta razón, ha llegado a convertirse en uno de los alimentos básicos más consumidos por la humanidad. Si bien existen panes de diversos tipos, el tradicional es elaborado a partir de harina de trigo, aunque se puede encontrar pan de otros cereales e inclusive de leguminosas (Cauvain, 2015).

Con respecto a la ubicación del pan en el mercado, el valor global fue de 201 billones de dólares en el 2017, y se espera que registre una tasa de crecimiento estable en el periodo previsto. Actualmente, Europa abarca más del 45% del consumo global por volumen y continúa dominando con un alto consumo de pan per cápita (Business Wire, 2018), siendo Alemania el país que más aporta, con alrededor de 120 kg per cápita. En el caso latinoamericano el país de mayor consumo lo lidera Chile con 96 kg per cápita (Vega *et al.*, 2015).

Con base en los datos proporcionados anteriormente, se refleja la situación actual del pan, considerándose como un alimento básico y de gran importancia en el mercado mundial. En los siguientes apartados se profundiza en el proceso de elaboración, donde se detalla cada etapa y funcionalidad de los ingredientes, así como diversos aspectos relacionados con la calidad del mismo, y retos que se tienen con la incorporación de ciertos ingredientes.

3.1. Proceso de elaboración del pan

Como se ha mencionado, hay diversos tipos y formas de pan. En general, se necesitan ingredientes básicos como la harina, el agua y la levadura para su elaboración. Sin embargo, pueden emplearse otros como grasa, sal, azúcar, preservantes, y otros ingredientes funcionales para alcanzar ciertas propiedades deseadas en el producto final (Rosell *et al.*,

2015). Por lo tanto, antes de profundizar con el proceso de elaboración, es necesario conocer las funciones que cumplen cada uno de los ingredientes en la masa.

La harina funciona como el ingrediente base, la más utilizada es la de trigo y es la que provee la estructura primaria en el pan. La harina provee almidón, pero son las proteínas las que más interesan debido a su potencial en la formación del gluten, indispensable para el desarrollo de la estructura. Esta red o estructura se forma gracias a la capacidad que tienen dos proteínas insolubles para aglutinarse en presencia de agua. Estas proteínas son la gliadina y glutenina, que juntas conforman el 85% de las proteínas de la harina de trigo (Rosell *et al.*, 2015; Cauvain, 2012; Mesas & Alegre, 2002).

El agua es el segundo componente mayoritario en la masa y ayuda con la hidratación de la harina, facilitando el trabajo mecánico para lograr el amasado, necesario para el desarrollo del gluten para conferir a la masa características plásticas como la cohesión, elasticidad, plasticidad y tenacidad. La presencia de este ingrediente también es básica para la obtención de un medio en el que puedan desarrollarse las levaduras (Mesas & Alegre, 2002).

La sal es un ingrediente que juega uno de los roles más importantes, ya que cumple múltiples funciones. Parte de su impacto en la masa es que contribuye con la palatabilidad, reología y pegajosidad. Además, participa en el desarrollo y fortalecimiento del gluten en las masas de trigo, controla la tasa de fermentación en masas de pan fermentados con levadura, y por último, ayuda en cierto grado con la preservación del pan por medio de la disminución del agua disponible (Dötsch *et al.*, 2009; Silow *et al.*, 2016; Reddy & Marth, 1991).

El crecimiento del pan se puede lograr de varias formas, sin embargo, el caso en estudio se hace mediante la forma “natural” que es empleando cepas de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este microorganismo es el encargado de la fermentación, de modo que se produce etanol y CO₂. Este último queda atrapado en la masa y hace que se esponje y aumente el volumen. Para que la levadura pueda realizar la fermentación, es necesario que esta se alimente, por lo tanto, se requiere de un sustrato. Si bien la harina puede ser una fuente de carbono para la levadura, es el azúcar la que funciona como principal sustrato para la alimentación de este microorganismo. Además, el azúcar cumple otras

funciones como endulzar el pan, favorecer con el color de la cubierta debido a la caramelización durante el horneado y ayudar con la retención de agua en la miga (Mesas & Alegre, 2002; Rosell *et al.*, 2015).

La materia grasa que se utiliza puede provenir de una fuente animal o vegetal, sin embargo, es ésta última que más se emplea. La grasa aporta lubricidad y colabora incrementando el tamaño del pan ya que mejora la retención de gas en la masa, además aporta sabor y hace que la miga sea más blanda, e inclusive puede facilitar las propiedades de corte del pan (Pellegrini, 2012; Rosell *et al.*, 2015).

El deterioro microbiológico de este producto se da mayoritariamente por la presencia de mohos, principalmente por los géneros *Rhizopus*, *Mucor*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Es por esto que se hace necesario el uso de un preservante que permita alargar la vida útil del producto, el propionato de calcio cumple dicha función y es el antifúngico comúnmente utilizado (Rosell *et al.*, 2015).

Por último, muchas veces se agregan mejoradores para alcanzar características de calidad del producto final y/o facilitar el proceso de elaboración. Estos están compuestos por una mezcla de ingredientes, entre los cuales pueden haber agentes reductores, emulsificantes y enzimas, que pueden ayudar con la retención del gas, la suavidad del pan, entre otros (Cauvain, 2017). Otros ingredientes opcionales que pueden añadirse a la formulación son las gomas (hidrocoloides) y los potenciadores de sabor, los cuales son objeto de estudio en esta investigación, sin embargo, se ampliará con mayor detalle en posteriores apartados.

Una vez conocida la función de cada ingrediente, es más fácil de comprender el proceso de elaboración del pan y los cambios que experimenta la masa a lo largo del proceso. Primeramente, es necesario contar con una formulación, la cual se construye con base en lo que se denomina el porcentaje panadero. Este término hace referencia a que la harina siendo el ingrediente principal se determina como el 100% de la formulación, y las cantidades de los otros ingredientes se expresan como un porcentaje por peso de esa cantidad total de harina (Rosell *et al.*, 2015).

El proceso inicia con el pesado de los ingredientes para su posterior mezclado, el cual se divide en diversas etapas, cada una cumpliendo un objetivo distinto. Primeramente, se

inicia con un mezclado de los ingredientes secos con el fin de lograr una dispersión entre los mismos. Luego, al añadirse el agua, se hidratan los ingredientes, en particular las proteínas y el almidón. Aquí se continúa mezclando para lograr la homogeneidad de los ingredientes. Al encontrarse hidratadas las proteínas del trigo, comienza la formación de la red del gluten gracias a la acción mecánica a la que es sometida la masa, provocando que estas proteínas se estiren y alineen y formen esta estructura tridimensional viscoelástica. Es importante destacar que para que esta estructura se forme, debe proveerse la cantidad necesaria de hidratación y de energía mecánica a la masa. Una vez que se cuenta con la red, el mezclado favorece la incorporación de gas dentro de la misma (Owens, 2001; Preedy *et al.*, 2011).

De no impartirse la energía mecánica necesaria en el mezclado, pueden surgir dos problemas en la masa. Si se mezcla menos de lo requerido, pueden quedar partes sin mezclar que generan problemas en la etapa de crecimiento de la masa. Por otro lado, si hay un sobremezclado, las propiedades de la masa pasan de ser suaves y elásticas, a flojas y pegajosas debido a un debilitamiento de la estructura del gluten (Preedy *et al.*, 2011).

El orden de las etapas de división, boleado y reposo puede variar entre procesos. Sin embargo, cualquiera que sea el caso, el reposo es necesario para que la masa se recupere de cualquier desgasificación que haya sufrido por acción mecánica. La división de la masa se hace para dar a las piezas el peso necesario según se requiera, y es durante el boleado donde se le da forma a esa pieza y se reconstruye la estructura tras la división (Mesas & Alegre, 2002).

Posteriormente se procede con la fermentación del pan. Es aquí donde se da el metabolismo de la levadura, la cual rompe los carbohidratos (almidón y azúcares) por medio de la fermentación alcohólica, generando dióxido de carbono y alcohol, las enzimas presentes ayudan a acelerar esta reacción. La liberación del dióxido de carbono provoca la expansión de la masa haciendo que esta se infle. Durante esta etapa, cada célula de levadura forma un centro, alrededor del cual se liberan miles de burbujas de dióxido de carbono, cada una rodeada por una delgada capa de gluten, y que crecen conforme avanza la fermentación. En el caso del alcohol producido, este se evapora en su mayoría en el horneado (Preedy *et al.*, 2011).

El horneado es donde la masa se transforma en pan, lo que conlleva, como fue mencionado, a la evaporación del etanol producido anteriormente. Así mismo, se evapora parte del agua contenida en el pan, además se da la coagulación de proteínas, la transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores, y la formación y pardeamiento de la corteza. Tras el horneado y enfriamiento del pan, se procede al empaclado para culminar el proceso (Mesas & Alegre, 2002).

3.2. Sodio y su función en alimentos

El cloruro de sodio (como uno de los principales ingredientes que aportan sodio) no puede ser eliminado por completo de los alimentos ya que además de incrementar la palatabilidad, cumple otras funciones como disminuir el sabor amargo, contribuir con el sabor salado y potenciar el resto de sabores. Además, cumple con funciones para la preservación (disminuye la actividad del agua lo que previene el crecimiento microbiano) y facilita muchas veces el procesamiento de ciertos alimentos (textura, color, volumen, entre otros) (Dötsch *et al.*, 2009; Silow *et al.*, 2016).

En el caso específico del pan, la sal no es el único ingrediente que aporta sodio. A este se le puede agregar bicarbonato de sodio ya que reacciona con los ácidos para generar dióxido de carbono, que contribuye con el volumen y textura del pan, neutraliza los ácidos generados por la levadura y controla las reacciones de pardeamiento durante el horneado (Reddy & Marth, 1991).

Como se ha ido demostrando, la sal cumple un rol muy importante en la panificación. Es por esta razón que la disminución de este ingrediente puede conducir a problemas para el manejo de la masa e interacción entre los componentes debido a que la extensibilidad de la miga se ve afectada. En relación con la pegajosidad, las masas muy pegajosas provocan ruptura y, por ende, pérdida de producto. Finalmente, en la etapa de fermentación, bajos niveles de sal incrementan la producción de gas por parte de la levadura, lo que puede provocar un debilitamiento de la red de gluten (Silow *et al.*, 2016).

El incremento en el aporte de sodio por parte de la sal y otros ingredientes hace que el reto de reducir este mineral, conservando la calidad y características propias en un producto como el pan, se convierta en una necesidad con el fin de beneficiar la salud de los consumidores.

3.3. Gomas: tipos y función en alimentos

Los hidrocoloides, también llamados gomas, son un grupo de aditivos ampliamente utilizados en la industria alimentaria para mejorar atributos de calidad y vida útil de los productos. Son usados principalmente como agentes espesantes y gelantes. Las sopas, salsas, aderezos de ensalada y “toppings” son algunos de los productos en los que se utilizan como agentes espesantes. Como agentes gelantes se utilizan en productos como mermeladas, jaleas, gelatina, alimentos reestructurados y geles bajos en azúcar o calorías (Saha & Bhattacharya, 2010).

El uso de los hidrocoloides como aditivo se explica mejor entendiendo sus propiedades. Estos compuestos corresponden a un grupo heterogéneo de polímeros de cadena larga (polisacáridos y proteínas) que se caracterizan por su propiedad de formar dispersiones y/o geles cuando se dispersan en agua. Dicho efecto se logra debido a la presencia de una gran cantidad de grupos hidroxilo, que aumentan la capacidad de ligar moléculas de agua. Es así como se produce la dispersión, que se categoriza entre una solución y una suspensión, que exhibe características de coloide. Por ende, considerando su capacidad hidrofílica y su comportamiento, es que surge el nombre de hidrocoloide (Saha & Bhattacharya, 2010).

La principal razón detrás del amplio uso que se les da en alimentos, es su habilidad para modificar la reología de la matriz alimentaria. Esto incluye dos propiedades básicas que son el comportamiento de fluidez (viscosidad) y la propiedad sólida mecánica (textura). La modificación de una o ambas propiedades en matrices alimentarias ayuda a cambiar las características sensoriales, y es así, como las gomas son aditivos importantes en la industria para cumplir propósitos específicos (Saha & Bhattacharya, 2010).

En el caso de la industria panadera, el uso de gomas ha ido despertando interés en los últimos años debido a su origen natural y a los efectos positivos que tiene sobre la reología y calidad sensorial del pan, especialmente como un agente antienviejimiento, asociado a la capacidad de retención de agua. Las gomas son capaces también de modificar la gelatinización del almidón, así mismo el uso de estas puede mejorar en gran medida la calidad tecnológica del pan, facilitando su procesamiento. En otro estudio, se ha reportado el uso de estos aditivos como sustitutos de grasa, sustitutos de gluten en panes libres de gluten y como fuente de fibra (Rosell *et al.*, 2001). Entre las gomas de uso más frecuente en la industria de panificación se encuentran la goma guar, goma algarrobo, carboximetilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa, goma xantán, entre otras (Ferrero, 2016).

La capacidad de retención de agua de las gomas es una de sus principales beneficios para su uso en pan, ya que la distribución de la misma en la matriz juega un papel importante en su conservación. El deterioro fisicoquímico del pan está asociado con la retrogradación del almidón, donde la distribución del agua entre los compuestos de alto peso molecular, como proteínas y almidón, causa que ésta pase de estar fuertemente ligada a débilmente ligada, lo que genera el envejecimiento del pan (Hui *et al.*, 2007).

La goma xantán puede ser considerada un derivado de la celulosa. En cuanto a su estructura, consiste en un esqueleto de β -D-glucosa, donde cada glucosa de por medio cuenta con una subcadena de tres azúcares, la cual presenta grupos iónicos que convierten a la goma xantán en un polielectrolito. Este polisacárido es bastante soluble en agua y es capaz de formar soluciones altamente viscosas, independientemente de la temperatura, que exhiben un comportamiento pseudoplástico (Belitz *et al.*, 2009; Stahl & Schulz, 1988; deMan *et al.*, 2018).

Por otro lado, la goma algarrobo es un polisacárido natural compuesto por unidades de los azúcares manosa y galactosa en una proporción (4:1), lo cual la diferencia de otras gomas como la guar (2:1) y la tara (3:1). Tiene la propiedad de formar soluciones acuosas de alta viscosidad en un amplio rango de temperatura y pH. Además, tiene una alta capacidad para ligar agua para formar soluciones viscosas estables cuando está en una alta dilución (1% o menos) y potencial para interactuar con otros polisacáridos, para obtener un efecto sinérgico (Batlle & Tous, 1997).

En cuanto a la funcionalidad técnica de las dos gomas anteriormente mencionadas, se ha visto que la goma xantán presenta efectos positivos al usarse en bajas concentraciones, favoreciendo la absorción de agua, ayudando con el fortalecimiento de la masa y aumento de la estabilidad de la masa durante la fermentación, además de funcionar como agente anti envejecimiento. Por otro lado, la goma algarrobo se ha visto que aumenta el rendimiento de los productos horneados, aumenta el volumen específico, retarda el envejecimiento e incrementa la absorción de agua y el tiempo de desarrollo de la masa (Ferrero, 2016; Barak & Mudgil, 2014, Guarda *et al.*, 2004).

3.4. Formas de reducción de sodio en alimentos

Debido a la problemática que conlleva el alto consumo de sodio, se han venido estudiando diferentes estrategias para su reducción en alimentos. La forma más estricta de reducción es por dietas restringidas, donde se le dice al consumidor que su ingesta de sodio es muy elevada y se espera que estos cambien sus hábitos de consumo. Sin embargo, se ha visto que bajo esta metodología solo del 20-40% de las personas son capaces de disminuirlo de la dieta por debajo del valor recomendado. Además, esta forma de reducción es complicada debido a la limitada cantidad de productos en el supermercado que ayudan con el cumplimiento de la dieta (Liem *et al.*, 2011).

Otra estrategia es la reducción de forma gradual y sigilosa de manera que no comprometa la aceptación y funcionalidad en el producto (Dötsch *et al.*, 2009). Esta metodología ha sido exitosa para reducir el contenido de sodio de varios alimentos procesados en un 20-30%, con el beneficio de que no requiere ningún cambio en el comportamiento del consumidor (Liem *et al.*, 2011). Sin embargo, se ha observado que los productos con muy bajo sodio y reducidos por medio de esta estrategia pueden eventualmente generar una reacción adversa por parte del consumidor (Kuo & Lee, 2014).

Por medio de aplicaciones sensoriales también se puede lograr reducir sodio en los alimentos, esta metodología hace referencia al uso de ingredientes como especias, hierbas,

salsa de soya y otros compuestos aromáticos con el objetivo de compensar la pérdida de sabor salado. Sin embargo, sólo los atributos congruentes con el sabor salado pueden lograr este efecto potenciador, lo que hace necesario el uso de ingredientes que generalmente se asocian con este sabor (Kuo & Lee, 2014).

La reducción por medio de sustitución de este ingrediente con otras sales, como lo es el cloruro de potasio, ha sido una técnica ampliamente utilizada. Sin embargo, se ha observado que confiere un sabor salado diferente al del NaCl, ya que produce un sabor residual amargo y tiene menor capacidad de salado. Se ha visto que sustituciones por encima del 30% pueden impartir un sabor residual metálico y un 40% de sustitución resulta en sabores inaceptables. Este mismo inconveniente se ha visto con el uso de otras sales como el cloruro de calcio y el sulfato de magnesio. Otra dificultad que presenta es el enmascaramiento de este sabor residual ya que se ve agravado en personas genéticamente sensibles al amargor (Liem *et al.*, 2011, Israr *et al.*, 2016; Kuo & Lee, 2014; Nasri *et al.*, 2013).

Por último, se tiene la reducción por medio del uso de potenciadores, donde se incluye por ejemplo el glutamato monosódico, el cual es responsable del sabor umami y se ha destacado como buen potenciador de sabor en productos con bajo contenido de sodio sin aumentar considerablemente la cantidad de sodio total (Liem *et al.*, 2011). Otros aditivos que cumplen esta función son el inosinato de sodio, extractos de levadura, hidrolizados de proteína vegetal, que, en conjunto con el glutamato monosódico, se ha visto que logran reducciones de hasta un 40% en el contenido final del producto (Rodrigues *et al.*, 2016).

3.5. Sodio y potenciadores

El sistema del gusto está subdividido en cinco sabores básicos: dulce (relacionado con los azúcares presentes en los alimentos como carbohidratos), umami (relacionado con el ácido glutámico u otros aminoácidos, presentes como proteína en alimentos), ácido (relacionado con los protones), amargo (relacionado como sustancias “tóxicas” en alimentos)

y salado (relacionado con el contenido principalmente de sodio en el alimento) (Liem *et al.*, 2011).

La percepción del sabor funciona de una forma compleja en nuestro sistema sensorial y son las células receptoras de sabor las encargadas de esta función. Estas se encuentran localizadas a través de toda la cavidad oral, la mayoría son componentes de las papilas gustativas, que se agrupan en tres tipos de papilas (fungiformes, calciformes y foliadas) localizadas en la lengua. Las papilas poseen cientos de papilas gustativas, que a su vez están compuestas por 50-150 células receptoras. Es entonces cuando los alimentos o bebidas ingresan a la boca, que los componentes químicos de ellos activan los receptores de sabor y se convierte la señal química a una señal eléctrica y se envía a través de las fibras nerviosas a las regiones del cerebro encargadas del procesamiento gustativo (Liem *et al.*, 2011).

El sabor se puede ver potenciado por ciertos aditivos presentes en el alimento, llamados potenciadores de sabor. Este término es utilizado en la industria alimentaria para describir una sustancia que potencia las sensaciones del alimento cuando se introduce a la boca. La palabra “sabor” se utiliza de manera coloquial para referirse tanto al sabor como al olor, ya que se considera que este “sabor” es una integración simultánea de entradas sensoriales que incluyen ambos elementos mencionados cuando hay estímulos químicos disponibles. El potenciamiento es deseado en alimentos para mejorar la palatabilidad, reducir costos de ingredientes, y compensar las pérdidas químico sensoriales de poblaciones sensibles como los adultos mayores. Este se puede alcanzar de dos formas, ya sea por la adición de más moléculas del ingrediente al alimento, o potenciando por medio del sinergismo y/o alteración de los mecanismos receptores sin variar la cantidad de moléculas añadidas (Schiffman, 2003, Nasri *et al.*, 2013).

A la hora de disminuir uno de los ingredientes que aporta palatabilidad en un producto (como la sal), es necesario hacer uso de ingredientes que potencien este sabor para compensar esta reducción y no alterar la aceptación por parte de los consumidores (Liem *et al.*, 2011). Algunos de los ingredientes de los que se puede hacer uso para compensar los bajos niveles de sodio son, por ejemplo, aminoácidos como la arginina y lisina o hidrolizados de proteína vegetal. Otro ejemplo son los extractos de levadura, permeado de suero lácteo, glutamato

dicálcico como alternativa al glutamato monosódico que aporta sodio (Dötsch *et al.*, 2009, Stoliar & Burrington, 2009).

La acidez es otro efecto que parece potenciar la percepción del sabor salado, el cual se ha asociado principalmente con la acidez titulable en vez de la concentración de protones libres (pH). Esto se debe a que, durante el consumo, el alimento genera un “bouquet” de sabores, y se ha observado que las interacciones perceptivas sabor-sabor impactan en la percepción salada, uno de estos casos son los sabores salado y ácido, que se potencian entre ellos en bajos niveles de intensidad. Como ejemplo de estos tipos de potenciador, se tiene el lactato, generalmente agregado, en la forma de sal de potasio que se ha visto que genera buenos resultados para potenciar el sabor salado. Los ácidos dibásicos como el succínico, málico, tartárico y adípico son otros de los que han mostrado buen resultado como potenciadores al ser utilizados en dosis bajas (Panahandeh, 2012, Nasri *et al.*, 2013, Dötsch *et al.*, 2009; Israr *et al.*, 2016).

3.6.Pruebas sensoriales de discriminación

Las pruebas de discriminación consisten en una serie de pruebas que pueden ser aplicadas a una cierta cantidad de personas, con el fin de determinar si hay alguna diferencia perceptible, generalmente entre dos muestras o productos. También, pueden aplicarse cuando se hace algún cambio en el proceso de elaboración de un producto y se desea ver si no hay cambios perceptibles en la experiencia sensorial del mismo (Lawless & Heymann, 2010).

Uno de los principales cuidados al realizar las pruebas de discriminación es la cantidad de jueces o panelistas sobre los cuales se debe realizar el estudio, ya que pueden darse dos tipos de contradicción: una en la que dos productos con diferente formulación restan en la misma respuesta en un panelista, y la opuesta, donde una misma muestra produce una variedad de respuestas sensoriales en el mismo panelista. Es por esto, que antes de realizar la prueba se deben establecer ciertos parámetros para definir qué tan riguroso se quiere ser, y con base en ellos obtener los resultados para que sean interpretados (Rogers, 2017).

Es importante mencionar, que las pruebas de discriminación son de mucha utilidad cuando la diferencia que hay entre las muestras que se desean analizar es muy pequeña o levemente perceptible. Por el contrario, si la diferencia entre las muestras o productos es grande y se diferencian fácilmente, se debe recurrir a otros métodos (Lawless & Heymann, 2010).

Con respecto a la diferencia sensorial perceptible en dos productos diferentes, la teoría asume que cada versión del producto da lugar a una distribución de sensaciones, es decir que se generan dos distribuciones normales univariadas con varianzas equivalentes. De una forma más simplificada, se puede decir que se tienen dos “sets” de experiencias sensoriales que difieren en fuerza según el estímulo. Por ejemplo, en unos casos una muestra menos concentrada se va a sentir menos salada que la muestra más concentrada, pero en otros casos se va a sentir más salada. Esto lleva a que las dos distribuciones normales se traslapen, lo que sugiere un desempeño imperfecto en la prueba que es justamente el punto de una prueba de discriminación, donde las dos muestras son difíciles de diferenciar. La verdadera diferencia sensorial se basa en la diferencia o distancia entre las medias de las dos distribuciones de las muestras como unidades de desviación estándar, a este valor de distancia se le llama d' (Lawless, 2013).

En el análisis sensorial discriminativo hay muchas pruebas que pueden aplicarse según el objetivo que se tiene. Algunos ejemplos de ellas son: las de escogencia forzada (2-AFC, 3-AFC, entre otras), dúo-trío, triángulo, tétrada (Bi, 2006). Además, las pruebas se pueden clasificar según ciertas características: tipo (ya sea que especifique el atributo en estudio o no), según la manera en que el panelista lleva a cabo el juicio (respondiendo sí o no, haciendo grupos, escogiendo la diferente, haciendo una escogencia según intensidad del estímulo), según número de muestras, según cantidad de productos, si hay sesgo en la respuesta, o utilizando algún tipo de escala (Rogers, 2017).

Como fue mencionado, hay varias pruebas que pueden utilizarse, sin embargo, en la presente investigación se aplicaron la 2-AFC y la tétrada, por lo que se detallan a continuación. La prueba de comparación pareada 2-AFC es muy simple y consiste únicamente en presentarle al panelista dos muestras y se le pregunta por la muestra que presenta el estímulo en mayor magnitud, por ejemplo “cuál muestra es la más salada”, con el

fin de determinar una dirección o especificación en la diferencia entre las dos muestras. Este método tiene la ventaja de ser simple e intuitivo y no requerir mucho producto. Por otro lado, la tétrada es una prueba que hace uso de cuatro muestras: dos de un producto y dos de otro. La tarea del panelista en este caso es agrupar las muestras en dos parejas según similitud. Esta prueba suele considerarse más poderosa que el triángulo y el dúo-trío, lo que la hace más atractiva para los investigadores. Además, tiene la particularidad que puede ser direccionada o no direccionada, sin embargo, éste último es el caso más utilizado ya que es el que mejor refleja la realidad. Es decir, unas personas pueden notar ciertas cosas que otros no. También, cuando se cambia algo en un producto, no sabemos si esto alterará el sabor (Rogers, 2017).

Por último, en muchos casos, antes de que el panelista comience a probar el grupo de muestras brindado, se le puede dar una muestra denominada “primer” o iniciadora la cual no forma parte de la evaluación, pero que favorece que el panelista familiarice el paladar con el producto. El objetivo de dar esta muestra aislada es que se ha visto que en muchos casos ayuda a la persona a discriminar mejor entre producto (Lawless & Heymann, 2010).

3.7. Análisis del perfil de textura

La textura puede determinarse de manera sensorial, sin embargo, esta es una medida subjetiva, es por esto que se puede recurrir a medidas objetivas como las instrumentales, por medio del uso de texturómetros. Estos instrumentos presentan una alta correlación con las mediciones sensoriales debido a su capacidad de imitar las condiciones de masticabilidad de un alimento (Saldaña *et al.*, 2015).

El análisis de textura no se limita únicamente a la ciencia de alimentos, su utilidad se expande a otras ciencias debido a su capacidad para determinar propiedades de los materiales o el comportamiento de sólidos o semisólidos cuando son sometidos a una compresión. Los cosméticos, farmacéuticos y productos químicos son algunos ejemplos de materiales sobre los cuales también se aplica este tipo de análisis (Pozo *et al.*, 2018).

En el caso específico de los alimentos, el análisis de perfil de textura, o TPA por sus siglas en inglés, consiste en la aplicación de una compresión axial doble sobre la muestra sin que esta se rompa, imitando el comportamiento mecánico de la masticación. Como resultado de este proceso de compresión, se obtiene información cuantificable, repetible y precisa sobre las propiedades del alimento, lo que permite la correlación con la información que se pueda obtener por el método sensorial (Saldaña *et al.*, 2015; Pozo *et al.*, 2018).

Para hacer la determinación y cálculo de las variables, se utilizan varios picos y áreas bajo la curva suministrados por el texturómetro. Entre las variables que se pueden determinar con el análisis de perfil de textura se encuentran la dureza, adhesividad, fracturabilidad, elasticidad, cohesividad y masticabilidad (Lawless & Heymann, 2010; Pozo *et al.*, 2018). A continuación, se definen las variables de interés para la presente investigación.

La dureza se define como la fuerza de compresión necesaria para producir cierto grado de deformación y se mide como el pico de fuerza de compresión en el primer ciclo (Pozo *et al.*, 2018). Por otro lado, la elasticidad hace referencia a la habilidad de un material para recuperar su forma original tras la remoción de una fuerza aplicada, y se determina como la proporción entre la distancia de la altura detectada durante la segunda compresión dividida por la distancia de compresión original (Hester, 2017; Texture Technologies, 2018).

La cohesividad se calcula como la proporción entre el área de trabajo bajo el segundo pico y el área de trabajo bajo el primer pico. Esta variable se relaciona con la cantidad de deformación que puede experimentar un material antes de su ruptura. Por último, la masticabilidad se expresa como el producto de la dureza, elasticidad y cohesividad, y como su nombre lo indica, se refiere a la energía requerida para masticar un alimento sólido (Fox *et al.*, 2004; Bourne, 2002).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El proceso de elaboración del pan se llevó a cabo en la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Los paneles de pruebas sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Los análisis fisicoquímicos de humedad y textura se realizaron en el Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos y en el Laboratorio de Química del CITA. Todo esto en la Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

4.2. Materiales

4.2.1. Elaboración del pan

- Materias primas: harina fuerte, levadura, agua, preservante, mejorador, sal, gomas, potenciadores
- Equipo: batidora Hobart, fermentador Salva, horno de convección Salva, balanza granataria
- Otros: bandejas, moldes, toallas, cucharas, recipientes

4.2.2. Paneles sensoriales

- Bandejas, vasos, servilletas, software FIZZ (Pentasensorial)

4.2.3. Análisis fisicoquímicos

- Humedad: pinzas, crisoles, analizador termogravimétrico TGA701
- Perfil de textura: cuchillo, Texturómetro TA.XTPlus, vernier, celda cilíndrica de 25 mm, software Exponent

4.3. Métodos

4.3.1. Formulación

La formulación base utilizada se presenta a continuación.

Cuadro I. Formulación base del pan blanco de molde reducido en sodio.

Ingrediente	Porcentaje panadero (%)
Harina fuerte	100,00
Agua	56,30
Levadura dulce	3,30
Sal (cloruro de sodio)	1,46
Azúcar	4,00
Manteca	4,50
Propionato de calcio	0,30
Mejorador comercial	0,90

Benavides, 2017.

La formulación base del cuadro anterior varía según si se agrega mejorador, goma y potenciador.

4.3.2. Descripción de las materias primas

A continuación, se describen las materias primas utilizadas durante la investigación para la elaboración del pan blanco. Se especifica la marca en producto cuando este cuenta con etiqueta, en caso contrario se indica el proveedor del cual se obtuvo la materia prima. En ambos casos, los ingredientes se obtuvieron de la etiqueta o de la ficha técnica brindada por el proveedor, como se muestra en los anexos 9.3 y 9.4.

Cuadro II. Descripción de las materias primas utilizadas para la elaboración del pan blanco de molde.

Materia prima	Marca/Proveedor	Ingredientes
Harina fuerte	FACHASA	Harina fuerte de trigo
Levadura seca instantánea para masa dulce	Fleischmann	Levadura para panificación (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), emulsionante, ácido ascórbico
Sal (cloruro de sodio)	Sol	Cloruro de sodio, flúor, yodo
Azúcar blanco	Doña María	Sacarosa al 99,5% mínimo
Manteca	Clover	Aceite refinado de palma, T.B.H.Q. al 0,02%
Propionato de calcio	Niacet	99% propionato de calcio
Mejorador comercial	Puratos/PINOVA	Harina de trigo enriquecida (fumarato ferroso, niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico), carbonato de calcio, mono- y diglicéridos de ácidos grasos esterificados con ácido diacetil tartárico (emulsificante), sulfato de calcio, azodicarbonamida y ácido ascórbico (oxidante), enzimas
Goma xantán	IQS Macias	Goma xantán
Goma algarrobo	Kerry	Goma algarrobo
Ácido cítrico	IQS Macias	Ácido cítrico
Cremor tártaro	Sabemás	Cremor tártaro

4.3.3. Proceso de elaboración

En la Figura 1 se esquematiza por medio de un diagrama de bloques los pasos seguidos para la elaboración del pan blanco de molde.

Primero se hizo mezclado de los ingredientes secos: levadura, azúcar, preservante, mejorador, goma y potenciador (estos dos últimos cuando correspondió ser añadidos en la formulación) en la velocidad de mezclado más baja (velocidad 1). Luego, se agregó la sal disuelta en el agua mientras se seguía mezclando, para lograr la incorporación de los ingredientes. Posteriormente se aumentó a velocidad media (velocidad 2) para continuar con la formación de la masa. Y en una última etapa de mezclado, luego de la incorporación de la manteca, se pasa de la velocidad leve a velocidad alta (velocidad 4). En todas las etapas de

mezclado se respetaron los tiempos indicados. Luego, se realizó un reposo de cinco minutos antes de continuar con el proceso.

A continuación, se procedió de forma manual con las etapas de amasado, boleado y moldeado. El moldeado se hizo en moldes rectangulares de dimensiones 14 x 7 x 4,5 cm con 140 g de masa. Una vez en los moldes, se procedió con la etapa de fermentación, controlando las variables humedad relativa, temperatura y tiempo. Finalmente, el pan se horneó, se enfrió a temperatura ambiente y luego se empacó en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE).

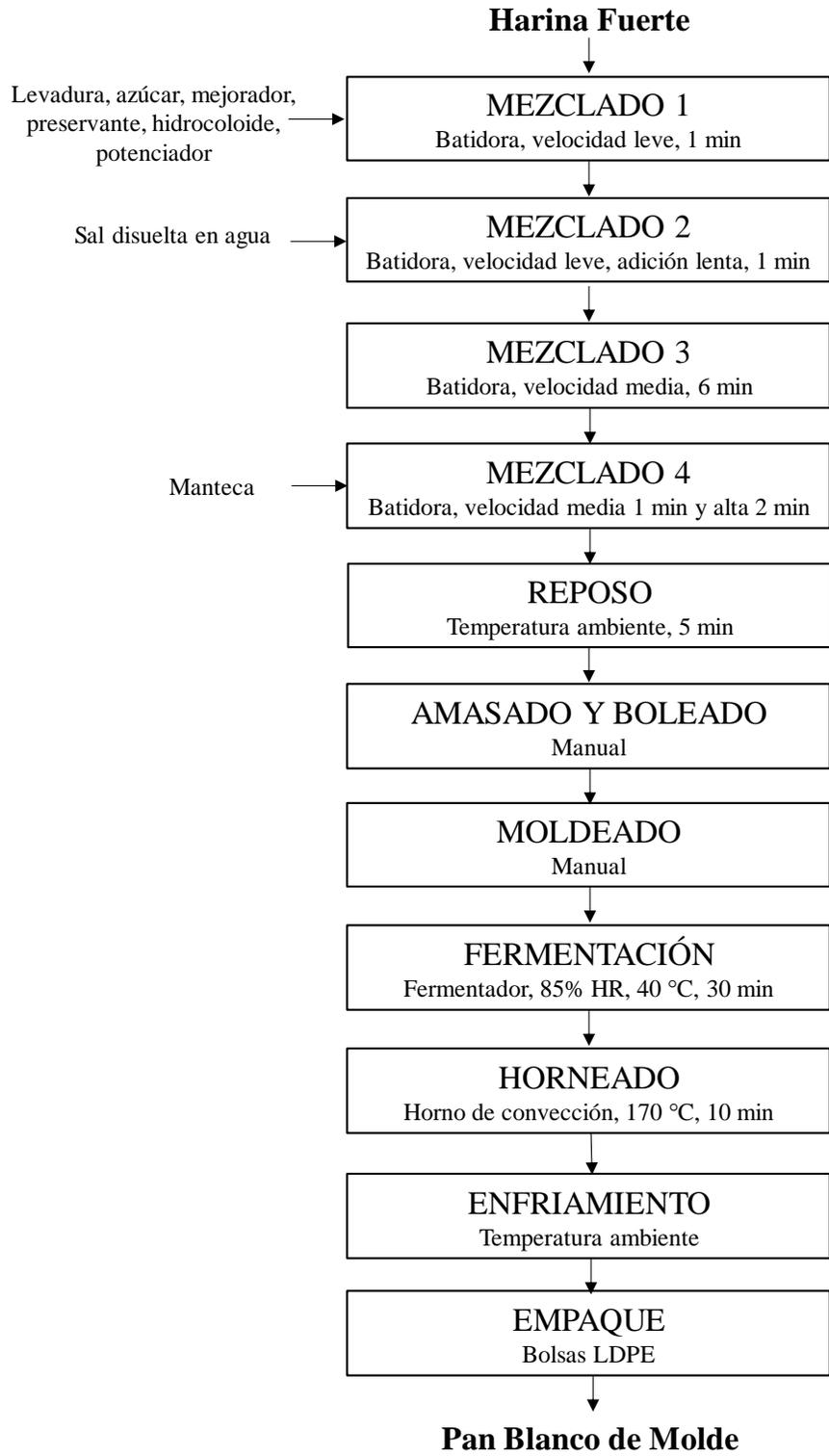


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de pan blanco de molde.

4.3.4. Preparación de las muestras para los paneles sensoriales

El tratamiento de la muestra para todos los paneles sensoriales fue el mismo. Cada pan se cortó en rebanadas de aproximadamente 1 cm de espesor. Seguidamente, cada rebanada se cortó en cuatro partes iguales, y se removió la corteza. A cada panelista se le brindó una cuarta parte de la respectiva muestra para que realizara la prueba, como se ejemplifica en la Figura 2.

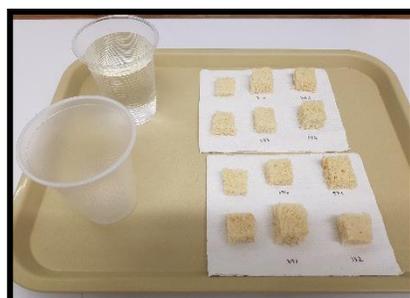


Figura 2. Ejemplo de preparación de muestras servidas a un juez. Este caso corresponde a una prueba 2-AFC, brindando una muestra “primer” o iniciadora.

4.4. Diseño experimental y métodos de análisis

4.4.1. Evaluación del efecto del mejorador panario comercial sobre el sabor salado

Se utilizó el mejorador panario comercial de PINOVA empleado por Benavides (2017) para la elaboración del pan blanco de molde. A un pan se le agregó mejorador y a otro no. Se aplicó como prueba de discriminación la tétrada. La prueba se aplicó a un total de 89 participantes, que correspondieron a una potencia de prueba de 0,90 y un d' de 1 (Ennis, 2013). En este caso se brindaron dos muestras correspondientes al pan control (sin mejorador) y otro par con mejorador. En cada set, las muestras se presentaron de forma aleatoria y se utilizaron todas las combinaciones posibles. Al panelista le correspondió agrupar las muestras en dos parejas según las que considerara como similares.

El diseño experimental fue un irrestricto aleatorio de un factor con dos niveles (con y sin mejorador). La variable respuesta fue el cambio en la sensación del sabor salado. El

análisis de resultados se realizó utilizando las tablas de Ennis (2013) determinado para un nivel de significancia del 5%, y una probabilidad de escogencia al azar de 1/3, el número de respuestas correctas necesarias para determinar que existe diferencia significativa.

Los resultados obtenidos en esta prueba, definen los tratamientos para evaluar el efecto de las gomas sobre el sabor salado. Dichos tratamientos se explicarán en la siguiente sección.

4.4.2. Efecto de la goma empleada sobre el sabor salado, humedad y textura en el tiempo de almacenamiento

Para observar el efecto de la goma en el sabor salado, se utilizaron los resultados obtenidos de la prueba descrita en la sección 4.4.1. El diseño experimental corresponde a un irrestricto aleatorio con arreglo factorial de dos factores que corresponden a la goma utilizada y el mejorador (ver cuadro III). En el caso de la evaluación del efecto de la goma en el sabor salado durante el almacenamiento, se aplicó un irrestricto aleatorio de dos factores: goma y tiempo. En ambas pruebas sensoriales, los resultados fueron analizados según la prueba binomial utilizando las tablas de Ennis (2013), con un nivel de significancia del 5% y una probabilidad de escogencia al azar de $\frac{1}{2}$.

Para observar el efecto de las gomas en las variables respuesta fisicoquímicas (humedad y textura), se decidió medir únicamente los tratamientos que tenían mejorador y la respectiva goma, además de un control (sin goma y con mejorador). Esto, porque al tratarse de mediciones fisicoquímicas, es indiferente que el mejorador afecte el sabor salado, ya que lo que se buscaba observar en este caso era únicamente efecto sobre la humedad y el perfil de textura, lo que hizo innecesario tomar en cuenta los tratamientos sin mejorador. El diseño experimental en este caso consiste en un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial 3x2: el factor goma con 3 niveles (xantán, algarrobo y sin goma) y el factor tiempo con 2 niveles (día 1 y día 4). Aquí se consideraron los efectos simples de los dos factores, su interacción, además del efecto del bloque correspondiente al lote.

Tanto en la variable respuesta de humedad como en las correspondientes al TPA, los resultados fueron analizados por medio de un ANDEVA, con un 5% de significancia, para observar si habían diferencias significativas en cada una de las variables según la goma utilizada o el tiempo de almacenamiento. Además, se determinó la potencia de la prueba en cada caso cuyo efecto simple no fue significativo, y se aplicó una prueba de contrastes cuando el factor de tres niveles (goma) fue significativo, haciendo dos contrastes: el efecto del control sin goma contra los tratamientos con goma, y otro comparando ambas gomas. El análisis fue realizado mediante el programa JMP 7.

Prueba preliminar: se realizaron pruebas incorporando la respectiva goma en un rango de 0,1 a 1% (Ferrero, 2106; Barak & Mudgil, 2014, Guarda *et al.*, 2004, Ozkoc *et al.*, 2009), de manera que se pudiera obtener una masa de apariencia normal y de fácil manipulación, además de un pan con características normales y que no presentara algún sabor extraño. Para esto se comparó con el pan control y por medio de un panel informal realizado con el comité de investigación, se determinaron los porcentajes de cada goma en la formulación, siendo la goma xantán un 0,25% y la goma algarrobo un 0,9%.

Pruebas definitivas: se utilizaron muestras con y sin mejorador y la respectiva goma, de forma que se pudiera ver el efecto asociado a la goma.

Sensorial - Efecto de la goma sobre la percepción del sabor salado

En un panel informal con el comité de investigación, al probarse las muestras con goma se percibieron más dulces, por lo tanto se realizó dos veces el mismo panel en sesiones distintas, cambiando únicamente la pregunta. En uno se preguntó por la muestra más salada y en otro por la más dulce, de forma que se pudieran recopilar ambos resultados y obtener información valiosa sobre el efecto que pudiera tener la goma en estos sabores.

El método de análisis correspondió a un 2-AFC, se sirvió la muestra control como “primer” y el par de muestras del respectivo (tratamiento versus control). Se le pidió a cada panelista que seleccionara la muestra más salada (o dulce) y que se enjuagara entre cada set de muestras. Todas las muestras se sirvieron aleatorizadas y en todos los órdenes posibles.

El panel se aplicó a un total de 33 participantes, se utilizó un d' de 1 y una potencia de prueba de 0,9.

En el cuadro III se presentan los tratamientos suministrados a cada panelista en esta prueba.

Cuadro III. Tratamientos para determinar el efecto de la goma sobre el sabor salado y dulce, con cuatro pares de 2-AFC.

Tratamiento	Control
Con xantán con mejorador	Sin goma con mejorador
Con algarrobo con mejorador	
Con xantán sin mejorador	Sin goma sin mejorador
Con algarrobo sin mejorador	

Sensorial – Efecto de la goma sobre la percepción del sabor salado en el almacenamiento

Debido a que al quinto día de almacenamiento la muestra presentaba moho, se determinó el día 4 como el máximo almacenamiento. Se decidió realizar el panel al cuarto día de almacenamiento, debido a que, de no encontrarse diferencias en este, no es necesario realizar paneles en los días anteriores de almacenamiento.

El método de análisis correspondió a un 2-AFC. En este caso se consideraron las muestras del día 1 como frescas y fueron las que se sirvieron como control contra la muestra del respectivo día de almacenamiento. Además del par de muestras, se brindó la muestra almacenada como “primer” en cada set. Se le pidió a cada panelista que seleccionara en cada par la muestra que consideraba más salada y que se enjuagara entre cada set. Todas las muestras fueron aleatorizadas y servidas en todos los órdenes posibles. El panel se aplicó a un total de 33 participantes, con una potencia de 0,9 y un d' de 1.

En el cuadro IV de presentan los tratamientos suministrados a cada panelista en esta prueba.

Cuadro IV. Tratamientos para determinar el efecto de la goma sobre el sabor salado durante el almacenamiento, con cuatro pares 2-AFC

Tratamiento	Control
Con xantán con mejorador, día 4 almacenamiento	Respectiva goma y con mejorador, día 1 de almacenamiento
Con algarrobo con mejorador, día 4 almacenamiento	
Con xantán sin mejorador, día 4 almacenamiento	Respectiva goma y sin mejorador, día 1 de almacenamiento
Con algarrobo sin mejorador, día 4 almacenamiento	

Humedad

La humedad de los tratamientos se determinó haciendo uso de un equipo analizador termogravimétrico TGA701 siguiendo el método establecido por el CITA P-SA-MQ-002, basado en el método 935.36 de la AOAC (2005), con ciertas modificaciones. Para esta determinación, los crisoles del equipo se colocaron por 1 hora a 100 °C en una estufa de convección, y luego se enfriaron en un desecador por 1 hora. Con respecto al tratamiento de muestra, se tomó un pan, se descartaron los extremos y se cortó en cinco rebanadas. Posteriormente, cada rebanada se troceó en cuatro partes y estas se homogenizaron en una licuadora en un total de tres tandas. Una vez molido el pan, la muestra se empacó en una bolsa de LDPE hasta proceder a realizar el análisis en el equipo. Una vez enfriados los crisoles, estos se colocaron en el carrusel del equipo para que este realizara el pesado de los crisoles. Por último, se pesó 0,5000 g de muestra en cada crisol y se comenzó el análisis de humedad hasta masa constante. Se realizaron tres repeticiones de este análisis, y las mediciones se hicieron en los días 1 y 4, por triplicado.

Perfil de textura

Se hicieron un total de tres repeticiones, donde se analizó el perfil de textura mediante el equipo TA.XTPlus. Las muestras se cortaron en rebanadas de 2 cm, medidos con un vernier, y a cada rebanada se le aplicó una prueba de compresión. Se utilizó una celda cilíndrica de 25 mm, a una velocidad de compresión de 60 mm/min hasta una distancia de 10 mm. Dicha compresión se hizo en dos ciclos con un intervalo de 5 segundos y un “trigger”

de 20 g. Se realizaron 7 mediciones por tratamiento para determinar la dureza, elasticidad, cohesividad, y masticabilidad de la miga del pan.

4.4.3. Efecto de los potenciadores de sabor sobre la percepción del sabor salado

Prueba preliminar: se probaron dos ácidos orgánicos: ácido cítrico y ácido tartárico (en su forma de sal como cremor tártaro), como posibles potenciadores de sabor salado. En una primera prueba se incorporaron ambos en un 0,6% (Panahandeh, 2012) en la formulación y se realizó una prueba sensorial informal por parte del comité de investigación. El pan con cremor tártaro no presentó sabor ácido notable y se percibió más salado, además presentó un volumen normal de crecimiento en la fermentación y después del horneado, por lo que se definió el 0,6% como el porcentaje por utilizar en la formulación con respecto a este compuesto. En el caso del ácido cítrico, se observó que la masa era más pegajosa y se adhería a las superficies fácilmente, además que presentó menor crecimiento después de la fermentación y el horneado. Por último, al probar el pan, se sintió muy ácido, por lo que se determinó realizar una segunda prueba con ácido cítrico al 0,5% y 0,4% en la formulación. En esta última prueba se observó en la muestra al 0,5% el mismo patrón de manejabilidad de la masa y crecimiento del pan que en el caso anterior (0,6%). En la formulación con ácido cítrico al 0,4% se observó que las condiciones de manejabilidad de la masa, crecimiento del pan después de la fermentación y horneado eran normales, además que al probarse no se percibió un sabor ácido residual, por lo que se consideró que éste era el porcentaje de ácido cítrico por utilizar en las pruebas definitivas.

Prueba definitiva: el diseño es un irrestricto aleatorio con dos factores (nivel de sodio y potenciador), el primer factor con dos niveles (sin reducción y con reducción) y el segundo con tres niveles (control, ácido cítrico y cremor tártaro). Ambas formulaciones base fueron las utilizadas por Benavides (2017). La formulación sin reducción de sodio contenía 1,8% de sal y la reducida en sodio 1,46% de sal (apartado 4.3.1., cuadro I). En todas las formulaciones se utilizó el mejorador panario, y se escogió la goma que no presentó diferencias en la percepción del sabor salado. En el siguiente cuadro se resumen los tratamientos.

Cuadro V. Tratamientos para determinar el efecto del potenciadores sobre la percepción del sabor salado en pan blanco de molde, con cuatro pares de 2-AFC

TRATAMIENTOS	
Formulación*	Tratamiento
Formulación reducida en sodio: 1,46% sal (control)	Formulación reducida en sodio y con ácido cítrico
	Formulación reducida en sodio y con cremor tártaro
Formulación sin reducción: 1,8% sal (control)	Formulación reducida en sodio y con ácido cítrico
	Formulación reducida en sodio y con cremor tártaro

*Benavides, 2017

El método de análisis corresponde a un panel sensorial utilizando la prueba 2-AFC. Las muestras se sirvieron en pares y se le pidió al panelista que seleccionara la muestra más salada y que se enjuagara y expectorara entre cada set de muestras. Los pares servidos a cada panelista corresponden al respectivo control (reducida en sodio o sin reducción) contra la muestra reducida en sodio con potenciador (cítrico o tartárico), para un total de cuatro pares de muestras por panelistas. Además, se dio como “primer” en cada par, una muestra de la formulación reducida en sodio sin potenciador, Todas las muestras se sirvieron aleatorizadas y en todos los órdenes posibles. Se aplicó a un total de 33 participantes, con una potencia de prueba de 0,90 y un d' de 1 (Ennis & Jesionka, 2011).

Los resultados de esta sección se analizaron según la prueba binomial utilizando las tablas de Ennis (2013) con un nivel de significancia del 5% y una probabilidad de escogencia al azar de $\frac{1}{2}$, para determinar si existían diferencias significativas entre las formulaciones empleadas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto del mejorador sobre el sabor salado

Como se observa en el cuadro II, los mejoradores panarios son una mezcla de ingredientes que cumplen diversas funciones para el proceso de elaboración. Por esto, la relevancia de su estudio como parte de la formulación, ya que alguno de sus componentes podría interferir en la percepción del sabor salado. En el siguiente cuadro VI se presentan los resultados asociados a la prueba sensorial aplicada a los jueces con el fin de determinar al efecto de este ingrediente sobre la percepción del sabor salado.

Cuadro VI. Resultado obtenido en la prueba tétrada realizada con 89 panelistas, para determinar si el mejorador provocó diferencia en el sabor, utilizando un alfa de 5% y una potencia de 0,9.

Número mínimo de aciertos para establecer diferencia significativa*	Número de aciertos obtenidos	Probabilidad exacta*	d' experimental**
38	38	0,041	0,74

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

Debido a que se alcanzó el mínimo de aciertos en la prueba de discriminación, se determinó que el mejorador comercial utilizado tuvo un efecto sobre la percepción del sabor. La explicación de este efecto puede deberse a un cambio en la textura del pan, ya que posee agentes reductores como el ácido ascórbico para lograr una reestructuración del gluten, además de emulsificantes que logran consolidar el gluten para brindarle una mayor tolerancia durante el tiempo en mezclado y favorecer su maquinabilidad (ver cuadro II) (Lesaffre, 2018).

Todas estas características mencionadas anteriormente contribuyen en cierta medida a la textura del pan, y, aunque no se cuantificó esta variable, la diferencia que se podía

percibir visualmente a la hora de manipular el pan era evidente. Como se observa en la figura 3, el pan control resultó con un menor volumen y una miga más densa, mientras que el tratamiento con mejorador tuvo un mayor volumen y una miga con mayor cantidad de poros, además que se percibió más esponjoso al tacto. Estos resultados coinciden con lo encontrado en dos investigaciones donde se estudió la relación entre la textura del pan y el sabor salado percibido (Pflaum *et al.*, 2013; Panouillé *et al.*, 2014).

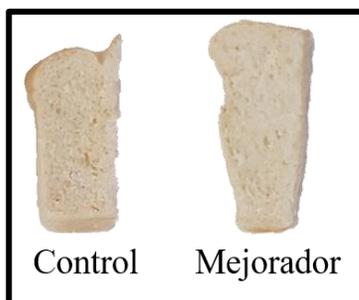


Figura 3. Corte longitudinal de una rebanada de pan de una formulación control y otra con mejorador.

La textura del pan puede llegar a tener un efecto sobre la percepción del sabor salado debido a que se requiere un tiempo de masticación para lograr la liberación de sodio de la miga por completo. Por ejemplo, en un estudio se midió la liberación de sodio tanto en la boca como en un simulador de masticación, de una muestra con un tiempo de leudado mayor donde se generó una miga de poros más gruesos en comparación con un control leudado por menor tiempo, resultando en una miga más compacta de poros finos. En esta investigación se encontró que el tratamiento de mayor tiempo de leudado provocó un aumento en la percepción del sabor salado debido a la velocidad de liberación de sodio y la textura de la miga (Pflaum *et al.*, 2013).

En otro caso se investigó sobre el procesamiento oral y las propiedades del bolo alimenticio debido a que aparte de ser necesario para la digestión, contribuye con la percepción sensorial. En dicho estudio se utilizó el pan como alimento modelo y se analizaron tres tratamientos donde en un caso varió el amasado, la fermentación y el horneado, y en otro caso el contenido de grasa, con el fin de obtener panes de diferente estructura. Aunque todos

los tratamientos poseían la misma cantidad de sal, se encontró que el pan más denso se percibió como menos salado (Panouillé *et al.*, 2014).

Con base en lo anterior, se podría deducir entonces, que la diferencia percibida por los panelistas entre ambas muestras se debe posiblemente por un cambio en la textura que genera una diferencia en la percepción del sabor salado en la muestra con mejorador con respecto al control. Al ser el tratamiento con mejorador comercial el que logró un pan aparentemente de mayor volumen y miga más porosa, es posible que fuera éste el que se percibió más salado, aunque lo que se midió con la tétrada fue diferencia general.

Por otro lado, en el cuadro VI se puede notar como el grado de diferencia entre los productos (valor d') fue inferior a 1, el cual es considerado el valor de umbral en la psicofísica. Debido a que entre mayor es este valor, más fácil es la percepción de la diferencia entre los productos (O'Mahony & Rousseau, 2002), el d' obtenido fue indicativo de que la diferencia entre las muestras fue pequeña, sin embargo, esta fue detectada y probablemente con dificultad, ya que el valor de aciertos fue igual al mínimo requerido para una diferencia significativa. Todo esto se encuentra respaldado por un valor de probabilidad inferior al 5%, por lo que la probabilidad de cometer el error de decir que hay diferencia cuando no la hay, era baja (error tipo I).

5.2. Efecto de las gomas sobre el sabor salado, humedad y perfil de textura

5.2.1. Efecto de las gomas sobre el sabor salado

En el cuadro VII, que se presenta a continuación, se muestran los resultados obtenidos en el panel aplicado con el fin de determinar si el añadir o no goma a la formulación tuvo un efecto sobre la percepción del sabor salado. Las gomas son ingredientes que generan cambios en viscosidad, lo cual puede interferir con el transporte de las moléculas hacia los receptores de sabor, como por ejemplo los iones de sodio y cloruro. Esto puede verse asociado a cambios

en la liberación y difusión, lo que hace que la percepción del sabor se vea afectada (Dötsch *et al.*, 2009; Scherf *et al.*, 2015).

Además, se realizaron dos paneles cambiando la pregunta realizada al panelista, en un caso donde tenía que seleccionar la muestra más salada, y en otro caso la más dulce. Esto debido a que se probaron las muestras antes de realizar el panel, y se percibió que las muestras con goma se sentían “dulces” con respecto al control, por ende, se podía tener información valiosa en caso de notarse una diferencia significativa. Como se ha mencionado, los cambios en viscosidad suelen alterar la percepción de sabores en un producto, y en general se ha visto que, al aumentar la viscosidad, se disminuye la percepción del sabor salado (Dötsch *et al.*, 2009; Scherf *et al.*, 2015), de ahí el hecho que, en la prueba informal realizada de previo al panel, se sintieran “dulces” las muestras con gomas.

Cuadro VII. Resultados obtenidos en las pruebas 2-AFC realizadas con 33 panelistas, para determinar el efecto de las gomas en el sabor salado, utilizando un alfa de 5% y una potencia de 0,9.

Pregunta realizada al panelista	Par brindado	Mínimo de aciertos para diferencia significativa	Muestra escogida	Aciertos obtenidos	Probabilidad exacta*	d' experimental**
Cuál es la más salada	CXCM y SGCM	23	Con goma	17	1,000	0,05
	CACM y SGCM		Con goma	18	0,728	0,16
	CXSM y SGSM		Con goma	22	0,080	0,61
	CASM y SGSM		Con goma	18	0,728	0,16
Cuál es la más dulce	CXCM y SGCM		Con goma	17	1,000	0,05
	CACM y SGCM		Sin goma	19	0,486	0,27
	CXSM y SGSM		Sin goma	21	0,162	0,49
	CASM y SGSM		Sin goma	17	1,000	0,05

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

CXCM: con goma xantán y mejorador; CACM: con goma algarrobo y mejorador; CXSM: con goma xantán sin mejorador; CASM: con goma algarrobo sin mejorador. SGCM: sin goma y con mejorador. SGSM: sin goma y sin mejorador.

Sin embargo, la cantidad mayoritaria de aciertos obtenidos para todos los tratamientos indicó que las gomas no tuvieron un efecto significativo en la percepción de sabor salado ni dulce, esto se vio también en las probabilidades exactas de la prueba, cuyo valor fue alto. Es decir, en el panel formal no se observó la tendencia esperada con respecto al sabor “dulce” de las muestras, como se había percibido en la prueba informal realizada previamente.

Como menciona Gustafson (2011), los cambios percibidos en el sabor y otras variables no están asociados únicamente al tipo de goma, si no a la cantidad empleada en la formulación. Por tanto, los resultados obtenidos se atribuyen no solamente a las gomas empleadas, sino también a la cantidad en la que se encontraban en el pan. La cantidad por agregar se definió de previo con el fin de evitar una sensación resbalosa impartida por las gomas, y los porcentajes escogidos fueron bajos, 0,25% en el caso de la goma xantán, y 0,9% en el caso de la goma algarrobo.

En varios estudios se reporta que el uso de hidrocoloides genera cambios en diversas variables, entre las cuales se encuentra la de interés en este caso, el sabor. Sin embargo, en estas investigaciones donde se utilizó la goma xantán, se aplicó en una cantidad equivalente al doble o cuatro veces mayor (Rosell *et al.*, 2001, Gustafson 2011) en comparación con la utilizada en el presente estudio (0,25%), lo cual justificaría por qué las gomas no tuvieron un efecto sobre la percepción del sabor salado.

En el apartado anterior, donde se discutió sobre el efecto que tuvo el mejorador comercial en la percepción de sabor salado, se indicó que cambios en la textura también pueden generar cambios sobre esta variable (Pflaum *et al.*, 2013). Más adelante será explicado con mayor detalle, pero el factor “goma” no tuvo un efecto significativo en la textura del producto, lo cual se pudo sumar a las razones por las cuales en la prueba de discriminación no se percibieron los cambios en el sabor salado de los tratamientos.

Por último, los d' obtenidos en cada tratamiento fueron muy cercanos a cero, es decir, se encontraron muy por debajo del umbral, lo cual indicó que la diferencia entre las muestras fue muy pequeña (O'Mahony & Rousseau, 2002).

5.2.2. Efecto de las gomas sobre el sabor salado durante el almacenamiento

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos en el panel al comparar una muestra almacenada por 4 días a temperatura ambiente contra otra con la misma composición, pero en su estado fresco, correspondiente a un día de almacenamiento.

Cuadro VIII. Resultados obtenidos en la prueba 2-AFC realizada con 33 panelistas, para determinar el efecto de las gomas en el sabor salado durante el almacenamiento, utilizando un alfa de 5% y una potencia de 0,9.

Par brindado	Mínimo de aciertos para diferencia significativa	Muestra escogida	Aciertos obtenidos	Probabilidad exacta*	d' experimental**
CXCM día 1 y 4	23	Día 4	17	1,000	0,05
CACM día 1 y 4		Día 4	19	0,486	0,27
CXSM día 1 y 4		Día 1	17	1,000	0,05
CASM día 1 y 4		Día 4	17	1,000	0,05

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

CXCM: con goma xantán y mejorador; CACM: con goma algarrobo y mejorador; CXSM: con goma xantán sin mejorador; CASM: con goma algarrobo sin mejorador.

Como bien ha sido mencionado, los hidrocoloides cumplen diversas funciones reológicas en el pan debido a su capacidad para absorber y retener agua. El envejecimiento del pan está asociado a cambios fisicoquímicos como pérdida o redistribución del agua, y retrogradación del almidón, fenómenos que afectan tanto la corteza como la miga del pan, generando cambios importantes en su textura, que a su vez podría ocasionar diferencias en el sabor del pan (Kang *et al.*, 2018; Polaki *et al.*, 2009).

Dado que las gomas son agentes que previenen el envejecimiento en el pan, debido a su capacidad para retener agua, se esperaría que estas contribuyeran en mantener las características iniciales del pan (Eduardo *et al.*, 2015). Así mismo, al utilizarse dos gomas distintas, se podría ver si hubo diferencia entre utilizar goma xantán y goma algarrobo.

Con base en la información presentada en el cuadro VIII, se determina que no hubo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos al comparar la muestra fresca y la almacenada. Estos resultados sugieren que las gomas lograron mantener las características iniciales de la muestra durante un periodo de cuatro días, haciendo que no se percibieran cambios en el sabor salado durante este tiempo.

Debido a que se utilizó una prueba de discriminación donde la sensibilidad del consumidor es mayor con respecto a otras, de haber variado otra característica sensorial aparte del sabor salado, el consumidor la hubiera utilizado como guía en su escogencia si no

lograra encontrar la diferencia en sabor salado. Por lo tanto, como no se encontraron diferencias en el sabor salado, es probable que el consumidor tampoco detectara cambios en la textura del producto.

Según un estudio realizado por Pasqualone *et al.* (2007), donde se midieron en una escala de 0 a 9 puntos diversos parámetros sensoriales de un pan de masa ácida durante su almacenamiento, se obtuvo que el sabor salado no cambió en el día 2, 4 y 6 de almacenamiento, lo cual concuerda con los resultados reportados en el cuadro VIII. Cabe resaltar que al pan del estudio mencionado no se le agregó ninguna clase de hidrocoloide, por lo que cabría esperar que el pan de la presente investigación se comporte similar e inclusive no se perciban cambios después de 6 días de almacenamiento.

5.2.3. Efecto de las gomas sobre la humedad durante el almacenamiento

A continuación, se muestran los resultados de humedad obtenidos para los tratamientos después de 4 días de almacenamiento.

Cuadro IX. Promedio de los porcentajes de humedad obtenidos para la determinación del efecto de la goma sobre la humedad del pan durante el almacenamiento, con un alfa de 5%.

Tratamiento	Humedad (%)	
	Día 1	Día 4
CXCM	36,03 ± 0,19	36,15 ± 0,09
CACM	35,61 ± 0,15	35,79 ± 0,29
SGCM	36,07 ± 0,25	35,81 ± 0,06

CXCM: con goma xantán y mejorador; CACM: con goma algarrobo y mejorador; SGCM: sin goma y con mejorador (control).

Como una de las principales propiedades de las gomas es la capacidad de retener agua, la humedad se convierte en una variable importante de cuantificar a la hora de estudiar el efecto que tienen las gomas sobre ésta. Se sabe que la goma xantán es ampliamente

utilizada por su gran capacidad como agente antienviejamiento del pan, tanto por su retención de agua como por su capacidad para evitar interacción almidón-gluten (Guarda *et al.*, 2004). Por otro lado, aunque la goma algarrobo no ha sido muy utilizada en investigación, se espera el comportamiento típico de un hidrocoloide en este tipo de matriz, además de permitir observar su comportamiento en contraste con una goma tan utilizada como la xantán.

Los resultados obtenidos indicaron que tanto el factor goma como el factor tiempo no tuvieron un efecto significativo sobre la humedad del pan durante el periodo de almacenamiento estudiado, ya que las muestras con goma se comportaron igual que el control. Sin embargo, el estudio realizado por Guarda *et al.* (2004), muestra que al usar hidrocoloides en el pan la goma xantán al 0,1% logra una menor pérdida de agua con respecto a un control y otras gomas durante las primeras 24 h.

Por otro lado, en el estudio de Pasqualone *et al.* (2007), donde se trabajó con un pan sin hidrocoloides, se observó que este no experimentó cambios en la humedad del día 2 al 6 de ser almacenado, comportamiento que coincide con lo observado en la muestra control en el presente estudio.

Además, en otro caso donde se realizó un estudio con diversos tipos de hidrocoloides, se observó que en el pan con goma xantán no hubo cambios en la humedad durante 10 días de almacenamiento, así mismo con goma guar y alginato de sodio (Kand *et al.*, 2018). Los resultados obtenidos en estas investigaciones concuerdan con los resultados reportados en el cuadro IX.

5.2.4. Efecto de las gomas sobre el perfil de textura durante el almacenamiento

En el cuadro X que se presenta a continuación, se muestran los resultados obtenidos para cuatro variables del perfil de textura del pan durante un almacenamiento de cuatro días.

Cuadro X. Promedio de las variables de textura obtenidas para la determinación del efecto de la goma sobre el perfil de textura del pan durante su almacenamiento, con un alfa de 5%.

Variable del TPA	Día ¹	Tratamiento			Valor p ²
		CXCM	CACM	SGCM	
Dureza (N)	1	3,865 ± 0,191	3,482 ± 0,241	3,373 ± 0,124	0,0630
	4	5,982 ± 0,236	5,841 ± 0,221	5,470 ± 0,180	
Elasticidad (mm)	1	8,750 ± 0,090	8,654 ± 0,110	8,715 ± 0,106	0,1558
	4	8,422 ± 0,074	8,246 ± 0,129	8,314 ± 0,112	
Cohesividad	1	0,613 ± 0,009	0,613 ± 0,010	0,614 ± 0,007	0,5008
	4	0,485 ± 0,008	0,499 ± 0,014	0,487 ± 0,010	
Masticabilidad (N*m)	1	0,0206 ± 0,0007	0,0184 ± 0,0010	0,0180 ± 0,0006	0,0399*
	4	0,0244 ± 0,0010	0,0240 ± 0,0010	0,0222 ± 0,0010	

CXCM: con goma xantán y mejorador; CACM: con goma algarrobo y mejorador; SGCM: sin goma y con mejorador (control).

¹Hubo diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en este factor en todas las variables respuesta. ²Probabilidad para el factor goma * Hubo diferencia significativa en el factor goma, la cual fue verificada por una prueba de contrastes, obteniendo una diferencia para el contraste de las gomas contra el control.

Como se observa en los resultados reportados en el cuadro X, para las variables dureza, elasticidad y cohesividad se obtuvo un efecto significativo únicamente para el factor tiempo, es decir el comportamiento en estas variables cambia entre el día 1 y el día 4 de almacenamiento. Únicamente para la variable “masticabilidad” se obtuvo un efecto significativo ($p \leq 0,05$) tanto en el tiempo como en el factor goma, es por esto que en el caso de la masticabilidad se aplicó una prueba de contrastes en los niveles del factor goma. En un contraste se compararon los dos niveles de goma en un grupo contra el control, y en el otro caso se compararon las gomas entre sí. Sin embargo, únicamente en el primer caso se obtuvo un efecto significativo ($p=0,0424$), mientras que en la comparación entre gomas no se obtuvo diferencia ($p=0,0856$). Posteriormente se explicará con más detalle este resultado.

El comportamiento observado en las variables fue el esperado, ya que fueron los cambios normales que experimenta el pan por el proceso de añejamiento. En estudios realizados con panes regulares (Benavides, 2017) y con panes con hidrocoloides incorporados (Kang et al., 2018) se observó un comportamiento similar, donde la dureza

aumenta en el tiempo, asociado posiblemente por reacomodo del agua en la matriz o cambios en las interacciones entre los ingredientes.

La elasticidad se encuentra relacionada directamente con la dureza, como bien indica Benavides (2017), la disminución en la elasticidad de las muestras almacenadas cuatro días se puede atribuir al aumento en la dureza, lo que hace que al pan se le dificulte regresar a su forma original después de experimentar una fuerza de compresión.

Con respecto a la cohesividad, se ha visto que esta variable decrece en el tiempo debido a la pérdida de interacciones intermoleculares entre los ingredientes, el secado y la tendencia a desmoronarse con el tiempo (Esteller *et al.*, 2004). Debido a que no hubo cambios en la humedad en el tiempo, la disminución en la cohesividad no se puede atribuir al “secado” del pan, más bien puede estar asociada a la pérdida de las interacciones intermoleculares entre los ingredientes.

Como ya fue mencionado, la masticabilidad fue la única variable que mostró diferencias tanto en el tiempo, como en el factor goma. Según las probabilidades indicadas anteriormente sobre la prueba de contrastes, se determinó que hubo diferencias significativas entre usar goma y no usar, pero fue indiferente cuál de estas gomas se utilizó, ya que no hubo diferencia significativa entre la goma xantán y la algarrobo. Según los resultados del cuadro X, la masticabilidad fue mayor cuando se utilizó goma y esta aumentó también con el almacenamiento. Esteller *et al.* (2004) reportan en su estudio que la masticabilidad de las muestras aumenta con el tiempo. Por otro lado, en un estudio realizado incorporando goma guar, se muestra que la masticabilidad también aumenta con el tiempo de almacenamiento (Gambús *et al.*, 2001), lo que concuerda con los resultados encontrados en la presente investigación.

Es importante mencionar que las diferencias encontradas en las variables analizadas de textura fueron obtenidas con un instrumento altamente sensible y capaz de detectar estos cambios en las muestras. Sin embargo, a nivel práctico se puede observar que estas diferencias fueron muy pequeñas, y, por ende, pueden no ser distinguidas por el consumidor.

5.3. Efecto de los potenciadores sobre el sabor salado

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en un panel donde se probaron dos ácidos orgánicos como posibles potenciadores de sabor salado en formulaciones de pan reducidas en sodio y sin reducción.

Cuadro XI. Resultados obtenidos en la prueba 2-AFC realizada con 33 panelistas, para determinar el efecto de los ácidos orgánicos utilizados como potenciadores en el sabor salado, comparando un control reducido en sodio y otro sin reducción contra un tratamiento reducido en sodio y con potenciador, para un alfa de 5% y una potencia de 0,9.

Control	Tratamiento	Mínimo de aciertos para diferencia significativa	Muestra escogida	Aciertos obtenidos	Probabilidad exacta*	d' experimental**
CR	CRAC	23	Con ácido	25	0,004	0,99
CR	CRCT		Con ácido	17	1,000	0,05
SR	CRAC		Control	17	1,000	0,05
SR	CRCT		Control	24	0,014	0,85

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

CR: con reducción de sodio; SR: sin reducción de sodio; CRAC: con reducción de sodio y ácido cítrico; CRCT: con reducción de sodio y cremor tártaro.

Con base en los resultados anteriores se observa cómo la muestra de pan reducido y con incorporación de ácido cítrico fue percibida de manera significativa como más salada cuando se le comparó contra una formulación reducida en sodio (1,46% sal). Caso contrario sucedió con el cremor tártaro, donde dicho ácido empleado como potenciador no hizo que la muestra se percibiera más salada que el pan con reducción de sal.

Por otro lado, cuando las formulaciones se compararon contra un pan que no fue reducido en sodio, el panorama cambió. En este caso la muestra con cremor tártaro fue percibida como menos salada en comparación con el control. En el caso de la formulación con ácido cítrico, no se observó diferencia significativa, lo cual fue positivo ya que es indicativo de que el consumidor no logró diferenciar cuál muestra era más salada, entre el pan reducido en sodio con potenciador, y el pan regular con 1,8% de sal.

El comportamiento observado concuerda con un estudio realizado, donde se evaluó el sabor salado percibido en soluciones acuosas y muestras de pan donde se incorporó ácido acético o ácido láctico como potenciador, donde se obtuvo que un incremento en la cantidad de ácido provocó un aumento en el sabor salado, esto cuando los niveles de sal eran bajos. Un incremento de 0,3 a 0,6% generó un efecto claro en la percepción del sabor salado, sin embargo, por encima de 0,9% no había cambio (Hellemann, 1992).

Cabe destacar la similitud entre los porcentajes utilizados en dicho estudio y en la presente investigación (0,6% en el caso del cremor tártaro y 0,4% para el ácido cítrico), lo cual, sumado al hecho de que se comparó contra una formulación reducida en sodio, hace que se obtenga el resultado positivo mencionado anteriormente, donde a niveles bajos de NaCl el ácido cítrico potenció la percepción del sabor salado.

El ácido cítrico y el tartárico son ácidos orgánicos que en este caso ambos se comportaron de forma distinta a la hora de actuar como potenciador. Una de las razones por las que el ácido cítrico se encontró más promisorio es porque se aplicó en su forma pura, contrario al ácido tartárico, que se empleó como “cremor tártaro” (bitartrato de potasio), es decir en su forma de sal, por lo que su capacidad como ácido pudo verse limitada.

Los resultados obtenidos con esta prueba reflejan el potencial que hay para lograr una mayor reducción en la cantidad de sodio de la formulación de pan reducido utilizada como modelo, cuando se incorpora en este ácido cítrico al 0,4%.

6. CONCLUSIONES

- Se determinó que el mejorador comercial utilizado en la formulación tiene un efecto sobre el sabor del pan, el cual posiblemente está asociada a las propiedades de textura del mismo, lo que hace probable que éste se sienta más salado.
- Tanto el tipo de goma utilizada (xantán y algarrobo) como los porcentajes en los que se aplicaron en la formulación (0,25% y 0,9% respectivamente), no tuvieron un efecto significativo en la percepción de sabor salado ni de sabor dulce.
- El almacenamiento durante un período de cuatro días no tuvo un efecto sobre la percepción del sabor salado del pan en ninguno de los tratamientos.
- Tanto las gomas como el factor tiempo no tuvieron un efecto significativo sobre la humedad del pan.
- La textura cambia a lo largo del tiempo, encontrándose que la dureza y masticabilidad aumentan, mientras que la elasticidad y cohesividad disminuyen.
- La masticabilidad fue la única variable del perfil de textura que presentó diferencias debido al tipo de goma, encontrándose que es mayor cuando se utiliza goma que cuando no se usa. Sin embargo, entre la goma xantán y la algarrobo no se encontró diferencia.
- Se obtuvo que el ácido cítrico al 0,4% logra que el pan se perciba más salado cuando se compara contra uno reducido, y que no se logre notar la diferencia con respecto a un pan sin reducción. Por otro lado, el cremor tártaro incorporado al 0,6% no funcionó como potenciador de sabor salado.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de textura de un pan control con respecto a otro con mejorador comercial en la formulación, para respaldar con datos cuantitativos que el efecto percibido en el sabor salado por parte de los jueces podría deberse a diferencias sobre esta variable. Además, medir si el sabor salado es el que cambia, o es otro sabor o aroma, ya que en este estudio no se preguntó explícitamente por el sabor salado.
- Según el resultado obtenido con el ácido cítrico al 0,4% se recomienda hacer más pruebas reduciendo la cantidad de NaCl agregada en la formulación con el fin de observar si se puede lograr una mayor reducción de sodio en el pan.
- Realizar pruebas incorporando el cremor tártaro en una cantidad mayor al 0,6% de la formulación, y así poder observar si en mayor cantidad logra potenciar el sabor salado en el pan.
- Preparar el pan en condiciones ambientales más controladas de forma que se logre almacenamiento durante más días. De esta manera, poder realizar un estudio de almacenamiento más prolongado para determinar si se dan diferencias tanto en atributos sensoriales (sabor salado) como en los fisicoquímicos (humedad) entre los tratamientos estudiados.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International. 2005. Official methods of analysis – AOAC official method 935.36 solids (total) in bread. OMA, Estados Unidos.
- BARAK, S. & MUDGIL, D. 2014. Locust vean gum: Processing, properties and food applications – A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 66:74-80.
- BATLLE, I. & TOUS, J. 1997. Carob tree *Ceratonia siliqua* L. *International Plant Genetic Resources Institute*, Italia.
- BELITZ, H., GORSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2009. *Food chemistry*. 4 ed. Springer, Alemania.
- 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. en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, San José.
- BI, J. 2006. *Sensory discrimination tests and measurements: Statistical principles, procedures and tables*. Blackwell Publishing, Estados Unidos.
- BLANCO, A., MONTERO, M., NUÑER, H., GAMBOA, C. & SÁNCHEZ, G. 2012. Avances en la reducción del consumo de sal y sodio en Costa Rica. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 32 (4): 316-320.
- BLANCO, A., HEREDIA, K., CARAVACA I., MONTERO, M. & LÓPEZ, D. 2015. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares: Tendencias en la ingesta de sodio en los hogares de Costa Rica ENIGH 2004 y 2013. INEC, Costa Rica.
- BOLHUIS, D., TEMME, E., KOEMAN, F., NOORT, M., KREMER, S. & JANSSEN, A. 2011. A salt reduction of 50% in bread does not decrease bread consumption or increase sodium intake by the choice of sándwich fillings. *The Journal of Nutrition*. 141: 2249-2255.

- BOURNE, M. 2002. Food texture and viscosity: Concept and measurement. 2 ed. Academic Press, China.
- BUSINESS WIRE. 2018. Global bread market growth, trends & forecast 2018-2023. Research and Markets, Dublin. INTERNET. <https://www.businesswire.com>
- CAUVAIN, S. 2012. Breadmaking: Improving quality. 2 ed. Woodhead Publishing, Reino Unido.
- CAUVAIN, S. 2015. Technology of breadmaking. 3 ed. Springer, Reino Unido.
- CAUVAIN, S. 2017. Baking problems solved. 2 ed. Woodhead Publishing, Reino Unido.
- DEMAN, J., FINLEY, J., HURST, W. & LEE, C. 2018. Principles of food chemistry. 4 ed. Springer, Suiza.
- DÖTSCH, M., BUSCH, J., BATENBURG, M., LIEM, G., TAREILUS, E., MUELLER, R. & MEIJER, G. 2009. Strategies to reduce sodium consumption: A food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 49 (10): 841-851.
- EDUARDO, M., SVANBERG, U. & AHRNÉ, L. 2015. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the shelf-life of composite cassava-maize-wheat bread after storage. *Food Science and Nutrition*. 4 (4): 636-644.
- ENNIS, D. 2013. Tables for product testing methods. The Institute for perception. Estados Unidos.
- ENNIS, J. & JESIONKA, V. 2011. The power of sensory discrimination methods revisited. *Journal of Sensory Studies*. 26 (5): 371-382.
- ESTELLER, M., AMARAL, R. & LANNES, S. 2004. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. *Journal of Texture Studies*. 35: 383-393.
- FERRERO, C. 2016. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*. 2016:1-8.
- FOX, P., MCSWEENEY, P., COGAN, T. & GUINEE, T. 2004. Cheese: Chemistry, physics and microbiology. 3 ed. Academic Press, Italia.

- GAMBÚS, H., NOWOTNA, A., ZIOBRO, R., GUMUL, D. & SIKORA, M. 2001. The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 4 (2): 1-13.
- GUARDA, A., ROSELL, C., BENEDITO, C. & GALOTTO, M. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18: 241-247.
- GUSTAFSON, K. 2011. Impact of ingredients on quality and sensory characteristics of gluten-free baked goods. Tesis Maestría en Ciencia de Alimentos. Kansas State University, Kansas.
- HELLEMANN, U. 1992. Percieved taste of NaCl and acid mixtures in water and bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 27: 201-211.
- HESTER, P. 2012. Egg innovations and strategies for improvements. Academic Press, Estados Unidos.
- HOUGH, G., WAKELING, I., MUCCI, A., CHAMBERS, E., MÉNDEZ, I. & RANGEL, L. 2006. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*. 17: 522-526.
- HUI, Y., CHANDAN, R., CLARK, S., CROSS, N., DOBBS, J., HURST, W., NOLLET, L., SHIMONI, E., SINHA, N., SMITH, E., SURAPAT, S., TITCHENAL, A. & TOLDRÁ, F. 2007. Handbook of products manufacturing: Health, meat, milk, poultry, seafood and vegetables. WILEY, Estados Unidos.
- ISRAR, T., RAKHA, A., SOHAIL, M., RASHID, S. & SHEHZAD, A. 2016. Salt reduction in baked products: Strategies and constraints. *Trends in Food Scince and Technology*. 51: 98-105.
- KANG, N., REDDY, C., PARK, E., CHOI, H. & LIM, S. 2018. Antisaling effects of hydrocolloids and modified starch on bread during cold storage. *LWT Food Science and Tachnology*. 96: 13-18.

- KUO, W. & LEE, Y. 2014. Effect of food matrix on saltiness perception-Implications for sodium reduction. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 13: 906-923.
- LAWLESS, H. & HEYMANN, H. 2010. *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. 2 ed. Springer, Estados Unidos.
- LAWLESS, H. 2013. *Quantitative sensory analysis: Psychophysics, models and intelligent design*. Wiley Blackwell, Estados Unidos.
- LESAFFRE. 2018. Bread improvers. Francia. INTERNET. <https://lesaffre.com/>
- LIEM, D., MIREMADI, F. & KEAST, R. 2011. Reducing sodium in foods: The effect on flavor. *Nutrients*. 3: 694-711.
- MESAS, J. & ALEGRE, M. 2002. El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 3 (5): 307-313.
- MINISTERIO DE SALUD. 2011. Plan Nacional de Reducción del Consumo de Sal/Sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. El Ministerio, Costa Rica.
- MONTERO, M., BLANCO, A. & CHAN, V. 2015. Sodio en panes y snacks de mayor consumo en Costa Rica. Contenido basal y verificación del etiquetado nutricional. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 65 (1): 36-43
- NASRI, N., SEPTIER, C., BENO, N., SALLES, C. & DANGUIN, T. 2013. Enhancing salty taste through odour-taste-taste interactions: Influence of odour intensity and salty tastants' nature. *Food Quality and Preference*. 28: 134-140.
- O'MAHONY, M. & ROUSSEAU, B. 2002. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference*. 14: 157-164.
- OWENS, G. 2001. *Cereals processing technology*. Woodhead Publishing, Inglaterra.
- OZKOC, S., SUMNU, G. & SAHIN, S. 2009. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*. 23: 2182-2189.

- PANAHANDAH, S. 2012. Sodium reduction and taste modification in wheat bread. Tesis Maestría en Tecnología y Nutrición de Alimentos. LUND University, Facultad de Tecnología de Alimentos, Suecia.
- PANOUILLE, M., SAINT-EVE, A., DÉLÉRIS, I., LE BLEIS, F. & SOUCHON, I. 2014. Oral processing and bolus properties drive the dynamics of salty and texture perceptions of bread. *Food Research International*. 62: 238-246.
- PASQUALONE, A., SUMMO, C., BILANCIA, M. & CAPONIO, F. 2007. Variations of sensory profile of durum wheat Altamura PDO (Protected Designation of Origin) bread during staling. *Journal of Food Science*. 72 (3): 191-196.
- PELLEGRINI, M. 2012. The art of baking bread: What you really need to know to make great bread. Skyhorse Publishing, New York.
- PFLAUM, T., KONITZER, K., HOFMANN, T. & KOEHLER, P. 2013. Influence of texture on perception of saltiness in wheat bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61 (45): 10649-10658.
- POLAKI, A., XASAPIS, P., FASSEAS, C., YANNIOTIS, S. & MANDALA, I. 2009. Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen sotred bread. *Journal of Food Engineering*. 97: 1-7.
- POZO, M., ARMIJO, F., MARAVER, F., EJEDA, J. & CORVILLO, I. 2018. Texture profile análisis (TPA) of clay/seawater mixtures useful for peloid preparation: Effects of clay concentration, pH and salinity. *Applied Clay Science*. 165: 40-51.
- PREEDY, V., WATSON, R. & PATEL, V. 2011. Flour and breads and the fortification in health and disease prevention. Academic Press, Estados Unidos.
- REDDY, K. & MARTH, E. 1991. Reducing the sodium content of foods: A review. *Journal of Food Protection*. 54 (2): 138-150.
- ROESSLER, E., PANGBORN, R., SIDEL, J. & STONE, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science*. 43: 940-947.

- RODRIGUES, F., ROSENTHAL, A., TIBURSKI, J. & CRUZ, A. 2016. Alternatives to reducesodium in processed foods and the potential of high pressure yechnology. Food Science and Technology. 36 (1): 1-8.
- ROGERS, L. 2017. Discrimination testing in sensory science: A practical handbook. Woodhead Publishing, Estados Unidos.
- ROSSEL, C., ROJAS, J. & BARBER, B. 2001. Influence of hyrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids. 15 (1): 75-81.
- ROSELL, C., BAJERSKA, J. & EL SHEIKHA, A. 2015. Bread and its fortification: Nutrition and health benefits. CRC Press, Estados Unidos.
- SAHA, D. & BHATTACHARYA, S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. Jorunal of Food Science and Technology. 47 (6): 587-597.
- SALDAÑA, E., BEHRENS, J., SERRANO, J., RIBEIRO, F., DE ALMEIDA, M. & CONTRETAS-CASTILLO, C. 2015. Microstructure, textura profile and descriptive análisis of textura for traditional and light mortadella. Food Structure. 6: 13-20.
- SCHERF, K., PFLAUM, T., KOEHLER, P. & HOFMANN, T. 2015. Salt taste perception in hydrocolloid systems is affected by sodium ion release and mechanosensory-gustatory cross-modal interactions. Food Hydrocolloids. 51: 486-494.
- SCHIFFMAN, S. 2003. Encyclopedia of food science and nutrition. 2 ed. Academic Press, Estados Unidos. U.S. Dairy Export Council, Estados Unidos.
- SILOW, C., AXEL, C., ZANNINI, E. & ARENDT, E. 2016. Current status of salt reduction in bread and bakery products – A review. Journal of Cereal Science. 72: 135-145.
- STAHL, G. & SCHULZ, D. 1988. Water-soluble polymers for petroleum recovery. Plenum Press, Estados Unidos.
- STOLIAR, M. & BURRINGTON, K. 2009. U.S. whey ingredients in bakery products. U.S. Dairy Export Council, Estados Unidos.
- TEXTURE TECHNOLOGIES. 2018. Overview of textura profile analysis. Texture Technologies, Estados Unidos. INTERNET. <http://texturetechnologies.com>

VEGA, O., DE MARCO, R. & DI RISIO, C. 2015. Propiedades físicas y sensoriales de un pan fresco, con la adición de enzimas lacasa, xilanas y lipasa. Revista EIA. 12 (24): 87-100.

WHO. 2014. Guideline: Sodium intake for adults and children. WHO, Ginebra.

9. ANEXOS

9.1. Promedios de los resultados de las variables respuesta fisicoquímicas evaluadas para determinar el efecto de las gomas durante el almacenamiento.

Cuadro A I. Promedios de los porcentajes de humedad obtenidos en cada repetición y utilizados para la realización del análisis estadístico, para la determinación del efecto de la goma sobre la humedad del pan durante el almacenamiento.

Tratamiento	Porcentaje de humedad (%)					
	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	Día 1	Día 4	Día 1	Día 4	Día 1	Día 4
CXCM	35,91	36,00	35,79	36,21	36,39	36,25
CACM	35,63	36,26	35,82	35,84	35,38	35,27
SGCM	35,82	35,79	35,88	35,86	36,52	35,79

Cuadro A II. Promedios de las variables de textura utilizados para la realización del análisis estadístico, para la determinación del efecto de la goma sobre el perfil de textura del pan durante su almacenamiento.

Repetición	Muestra	Promedio de las variables del perfil de textura							
		Dureza (N)		Elasticidad (mm)		Cohesividad		Masticabilidad (N*m)	
		Día 1	Día 4	Día 1	Día 4	Día 1	Día 4	Día 1	Día 4
1	CXCM	3,894	5,959	8,798	8,445	0,621	0,489	0,0212	0,0246
	CACM	3,073	5,437	8,655	8,388	0,618	0,510	0,0163	0,0233
	SGCM	3,248	5,493	8,812	8,286	0,620	0,472	0,0177	0,0215
2	CXCM	3,722	5,570	8,773	8,487	0,618	0,481	0,0201	0,0227
	CACM	3,990	6,240	8,640	8,193	0,603	0,492	0,0207	0,0251
	SGCM	3,346	5,262	8,602	8,546	0,610	0,501	0,0175	0,0225
3	CXCM	3,980	6,417	8,678	8,335	0,599	0,485	0,0206	0,0260
	CACM	3,381	5,847	8,666	8,157	0,618	0,494	0,0181	0,0235
	SGCM	3,524	5,656	8,732	8,111	0,612	0,490	0,0188	0,0225

9.2. ANDEVAS para los resultados del efecto de las gomas sobre las variables fisicoquímicas de humedad, dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad del pan durante su almacenamiento por 4 días

Cuadro A III. Análisis de varianza para los resultados del efecto de uso de gomas sobre las variables fisicoquímicas del pan durante un almacenamiento de 4 días.

Variable respuesta	Repetición		Goma			Día			Goma*Día	
	Valor F	P>F	Valor F	P>F	1-β	Valor F	P>F	1-β	Valor F	P>F
Humedad (%)	0,0187	0,9815	2,0782	0,1759	1,000	0,0083	0,9291	1,000	0,7612	0,4924
Dureza (N)	1,1929	0,3431	3,6927	0,0630	1,000	210,8354	<0,0001	N.A.	0,3131	0,7381
Elasticidad (mm)	1,8734	0,2037	2,2524	0,1558	1,000	52,2206	<0,0001	N.A.	0,2413	0,7901
Cohesividad	0,4485	0,6508	0,7417	0,5008	1,000	645,0211	<0,0001	N.A.	0,7691	0,4890
Masticabilidad (N*m)	0,7485	0,4978	4,5210	0,0399	N.A.	50,3293	<0,0001	N.A.	0,7485	0,4978

Cuadro A IV. Prueba de contrastes realizada sobre el facto goma en la variable respuesta “masticabilidad”.

Contraste	GL numerador	GL denominador	Valor F	Prob>F	Error estándar	Suma cuadrados	Prob> t
Gomas contra muestra control	2	10	4,5210	0,0399	0,0007	1×10^{-5}	0,0424*
Goma xantán contra goma algarrobo					0,0008	$6,8 \times 10^{-6}$	0,0856

GL: grados de libertad *Diferencia significativa en este contraste

9.3. Información sobre el mejorador comercial utilizado

Ficha técnica del mejorador comercial:

	SISTEMA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Puratos de Costa Rica, S.A.	Código:	PCRMCSA-GC-FT- 4451
	Fichas Técnicas de Productos	Edición:	02
		Fecha:	Julio 2013
		Página:	1 de 2

TALENTO PINOVA UFF0001

Código:

4451

Descripción:

Mejorador completo en polvo para todo tipo de masas de panificación: crocantes y suaves. Incrementa la tolerancia y asegura siempre un buen volumen a pesar de variaciones externas de calidad de la harina, equipos, procesos (fermentaciones largas), etc.

Ingredientes:

Harina de trigo enriquecida (fumarato ferroso, niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico), carbonato de calcio, mono- y diglicéridos de ácidos grasos esterificados con ácido diacetil tartárico (emulsificante), sulfato de calcio, azodicarbonamida y ácido ascórbico (oxidantes), enzimas.

Información alérgenos*:

Alérgenos	Como ingrediente	Posible contaminación cruzada
Cereales y derivados	+	+
Crustáceos y derivados	-	-
Huevos y derivados	-	+
Pescado y derivados	-	-
Maní y derivados	-	-
Leche y derivados	-	+
Soya y derivados	-	+
Apio y derivados	-	-
Mostaza y derivados	-	-
Ajonjolí y derivados	-	+
Anhidrido sulfuroso y sulfitos	-	-
Frutos de cáscara y derivados	-	-
Altramuces y derivados	-	-
Moluscos	-	-

- Ausencia
+ Presencia

Modificado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Catalina Abarca	Catalina Abarca	Rafael Servián
Gerente de Investigación, Desarrollo y Calidad	Gerente de Investigación, Desarrollo y Calidad	Gerente General

	SISTEMA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Puratos de Costa Rica, S.A.	Código:	PCRMCSA-GC-FT- 4451
	Fichas Técnicas de Productos	Edición:	02
		Fecha:	Julio 2013
		Página:	2 de 2

Apariencia:

Color	Blanco hueso
Sabor	Ligeramente ácido
Textura	Polvo fino

Valores microbiológicos:

Descripción	Valor máximo	Unidades
Recuento total	200 000	UFC/g
Hongos y levaduras	1 000	UFC/g
Coliformes totales	1 000	UFC/g
<i>E. coli</i>	10	UFC/g
<i>Salmonella</i>	Ausente	En 25 gramos

Nivel de uso:

Agregar al 1% respecto al peso total de la harina.

Modo de empleo:

Mezclar en la amasadora los ingredientes secos. Adicionar el agua y la grasa hasta desarrollar elasticidad. Dividir la masa en bloques, bolear, reposar y formar. Fermentar, cortar y hornear.

Información de empaque:

Presentación en sacos de tres capas de papel y una de PE de 25 kg.

Condiciones de almacenamiento:

Mantener en un lugar fresco y seco, a temperaturas no superiores a 25°C.
 Cerrar el empaque después de su uso.
 Vida útil del producto es de 6 meses a partir de la fecha de producción.

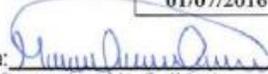
* Aplica solo para la premezcla.

Este es un documento no controlado. La validez del mismo debe ser verificada. La información proporcionada se basa en nuestro conocimiento actual y experiencia y puede ser usada bajo su discreción y riesgo, ésta no lo libera de tomar sus propias precauciones y realizar sus pruebas. No asumimos ninguna responsabilidad con respecto a su producto o a su uso. Usted debe de asegurarse de cumplir con sus leyes y regulaciones locales.

Modificado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Catalina Abarca	Catalina Abarca	Rafael Servián
Gerente de Investigación, Desarrollo y Calidad	Gerente de Investigación, Desarrollo y Calidad	Gerente General

9.4. Información sobre la harina utilizada

Ficha técnica:

 Corporación Multi Inversiones		 Molinos Modernos		HOJA TECNICA		 FHACASA <small>FABRICA DE HARINAS DE CENTROAMERICA, S.A.</small>	
Emitido por: Jefe de Control de Calidad		Aprobado por: Gerente de Aseguramiento de Calidad		N° Consecutivo: <input type="text" value="2"/>		Fecha Actualización: <input type="text" value="01/07/2016"/>	
Producto: <u>Harina Fuerte</u>				Firma:  Supervisor de Calidad			

DESCRIPCION

Harina fuerte elaborada a base de Trigo. Apropia para pan Popular de fermentaciones largas.

FORTIFICACIÓN

Se cumple con lo establecido en el reglamento técnico centroamericano RTCA 67.01.15:07, para fortificación de harinas.

MICRONUTRIENTES:	CANTIDAD
Fumarato Ferroso	(55,0 mg/kg)
Niacina	(55,0 mg/kg)
Tiamina	(6,2 mg/kg)
Riboflavina	(4,2 mg/kg)
Acido fólico	(1,8 mg/kg)

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

- Humedad (%): 13.5 a 14.5
- Ceniza (%): 0.63 máximo
- Proteína (%): 12.5 mínimo

PARAMETROS REOLOGICOS

- Absorción de agua (%): 59.0 mínimo

PARAMETROS ORGANOLEPTICOS

- Aspecto: Polvo fino al tacto, sin grumos
- Olor: Natural a harina, libre de olores extraños
- Color: Crema característico

PARAMETROS DE HIGIENE Y CONTAMINANTES

- Micotoxinas
- Residuos de Pesticidas
- Microbiología
- Metales Pesados

La harina cumple lo reglamentado en RTCA 67.01.15:07 Harina de Trigo, respecto a estos parámetros.

 corporación multi inversiones		 Molinos Modernos		HOJA TECNICA		 FHACASA <small>FABRICA DE HARINAS DE CENTROAMERICA, S.A.</small>	
Emitido por: Jefe de Control de Calidad		Aprobado por: Gerente de Aseguramiento de Calidad		N° Consecutivo: <input type="text" value="2"/>		Fecha Actualización: <input type="text" value="01/07/2016"/>	
Producto: <u>Harina Fuerte</u>				Firma:  Supervisor de Calidad			

EMPAQUE

Sacos laminados de 50 Kg, 25 Kg y 12.5 Kg

ALMACENAJE Y TRANSPORTE

Almacenar en un lugar seco, fresco y limpio. Colocado sobre tarimas. No debe ser transportado en vehículos que hayan sido utilizados para productos perfumados, jabones, detergentes, basura, soluciones de limpieza o químicos volátiles aromáticos y tampoco debe almacenarse cerca de ellos.

Vida útil de: **90 días**

Etiqueta nutricional de la harina fuerte:

Harina FUERTE Lote: 210917CT 1000 g		
Datos nutricionales / Nutrition Facts		
Tamaño de la porción/Serving size	100 g	
Porciones por empaque/Serving per container	10	
Cantidad por porción/ Amount per serving		
Energía/ energy	1 450 kJ (340 kcal)	
		%VDR /% Daily value
Grasa total/ total fat	1,0 g	1% **
Grasa saturada/ saturated fat	0,0 g	0% *
Grasa trans/ trans fat	0,0 g	
Grasa monoinsaturada/ monounsaturated fat	0,0 g	
Grasa poliinsaturada/ polyunsaturated fat	1,0 g	
Colesterol/Cholesterol	0,0 mg	
Potasio/ Potassium	200 mg	4% **
Sodio/ Sodium	10 mg	0% **
Carbohidratos totales/ Carbohydrates	71 g	26% **
Fibra dietética/ Dietary fiber	1 g	3% **
Azúcares/ Sugars	0 g	
Proteína/ Protein	13 g	25% *
Vitamina C/ Vitamin C	16 %*	
Calcio/ Calcium	2% *	• Hierro/ Iron 60% *
<p>El %Valor Diario se basa en una dieta de 2000 calorías, recomendada para adultos y niños mayores de 4 años, según *OMS/FAO y **FDA. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas / % Daily Value is based on a diet of 2000 calories, recommended for adults and children over 4 years, as established by the *WHO/FAO & **FDA. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs</p>		