

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

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de
Alimentos

Determinación de la reducción de sodio no perceptible en pan de molde con fibra blanca y
su efecto durante el almacenamiento

Natalia Brenes Viales

B51250

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

2022

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:



M.G.A Yorlenny Araya Quesada
Directora del proyecto



M. Sc. Jacqueline Aiello Ramírez
Asesora del proyecto



Ph.D Elba Cubero Castillo
Asesora del proyecto



M. Sc. Ana Lucía Mayorga Gross
Presidenta del tribunal



Mdes. Pilar Fallas Rodríguez
Profesora designada

DEDICATORIA

A mami, papi, Andre, Esteban y Yorle, quienes fueron el mejor apoyo para lograr concluir esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la vida y a Dios por permitirme tener el privilegio de estudiar y contar con el apoyo de doña Janet, don Rodo y Andre para lograrlo, gracias a ellos por cada porra, por cada abrazo y por cada empujón.

A Esteban, por la paciencia en las explicaciones, la ayuda en los trabajos, por sostenerme y no soltarme en el camino cuando las fuerzas no daban, por acompañarme y por su apoyo incondicional.

Gracias Yorle, por convertirse en un ángel en un camino que parecía no iba lograr finalizar, por ayudarme a horas en las que ya no le correspondía estar trabajando, por estar pendiente recordando, empujando y apoyando.

Silvia, gracias porque existe, por esa amistad tan linda, sincera y leal. Por las palabras de motivación, por alegrarse conmigo, por acompañarme y por su ayuda desinteresada llena de amor y apoyo.

A Ronital, por esas bromas que solo ud sabe hacer, por la ayuda con los reportes, con mis dudas, pero principalmente, gracias por su amistad.

Gracias Rox, Nico, Kim, Jose y Fabi, por hacer las estudiadas, trabajos, almuerzos y clases más agradables y divertidos.

Finalmente, gracias a todos los profes y personal de laboratorio y administrativo (Giova, Luis, Leidy, Luis David) por la ayuda y aprendizaje que compartieron a lo largo de los años.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EXAMINADOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
1. JUSTIFICACIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Ingredientes utilizados en la elaboración del pan de molde	5
3.1.1. Harina	5
3.1.2. Agua.....	6
3.1.3. Sal	6
3.1.4. Grasa.....	6
3.1.5. Levadura	7
3.1.6. Azúcar	7
3.1.7. Propionato de calcio.....	7
3.1.8. Mejorador comercial.....	8
3.2. Proceso de elaboración del pan	9
3.2.1. Amasado.....	9
3.2.2. Fermentación	9
3.2.3. Horneado.....	10
3.3. Aplicación de fibras en panes.....	11
3.3.1. Fuentes de fibra utilizadas en la industria de alimentos	11
3.3.2. Definición de pan integral	12
3.4. Análisis instrumental para determinar la calidad del pan.....	12

3.4.1.	Porcentaje de humedades	13
3.4.2.	Actividad de agua (a_w).....	14
3.4.3.	Volumen específico	14
3.4.4.	Textura	14
3.5.	Prueba y análisis sensorial.....	15
3.5.1.	Método Thurstoniano	15
3.6.	Teoría psicofísica y umbrales.....	17
3.6.1.	Inicios teóricos: teoría psicofísica y umbrales.....	17
3.6.2.	Tipos de umbrales	18
3.6.3.	Métodos para determinar umbrales.....	19
3.6.4.	Método de estímulos contantes para la determinación de la Diferencia Apenas Perceptible (DAP).....	20
3.6.5.	Pruebas de discriminación	21
3.6.6.	Curva psicofísica	23
3.7.	Sabor salado	24
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1.	Localización del proyecto	25
4.2.	Materia prima.....	25
4.3.	Proceso de elaboración	26
4.3.1.	Formulación.....	26
4.3.2.	Descripción el proceso de elaboración pan de molde	26
4.4.	Diseño experimental y métodos de análisis.....	29
4.4.1.	Definición del umbral de la diferencia apenas perceptible (DAP) en pan de molde con dos concentraciones distintas de fibra blanca para utilizarlo en la reducción de sal del pan.....	29
4.4.2.	Comparación del pan de molde con reducción de sal respecto al pan sin reducción para determinar si el consumidor percibe la diferencia.....	31
4.4.3.	Determinación del efecto de la reducción de sal sobre características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca durante el almacenamiento.	31
4.4.3.1.	Métodos de análisis	33
a.	Características de la miga	33
b.	Actividad de agua	33

c.	Volumen específico	33
d.	Perfil de textura (TPA)	33
e.	Porcentaje de humedad	34
f.	Sodio.....	34
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1.	Definición de la diferencia apenas perceptible (DAP) del sabor salado en pan de molde con dos concentraciones distintas de fibra blanca para la reducción de sal del pan.....	35
5.2.	Comparación del pan de molde con reducción de sal respecto al pan sin reducción para determinar si el consumidor percibe la diferencia.	38
5.3.	Determinación durante el almacenamiento del efecto de la reducción de sal sobre las características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca.	41
6.	CONCLUSIONES	45
7.	RECOMENDACIONES	46
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
9.	ANEXOS	58
9.1.	ANDEVA de las pruebas fisicoquímicas	58
9.2.	Especificación de la fibra blanca utilizada en el pan de molde utilizado	59
9.3.	Hoja con instrucciones utilizadas en los paneles sensoriales	60
9.3.1.	Hoja con instrucciones utilizada en el panel para la determinación de la DAP para pan de molde con fibra 6 % y 10%.....	60
9.3.2.	Hoja con instrucciones utilizada en el panel de validación para pan de molde con fibra 6 % y 10%.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Descripción de las materias primas a utilizar e ingredientes y sus distintos proveedores o marcas.....	25
Cuadro II. Formulación para la elaboración de un pan de molde utilizada para agregar la fibra.	26
Cuadro III. Porcentaje de reducción obtenida y porcentaje de sal final para el pan reducido según los resultados de las curvas psicofísicas para pan con porcentaje de fibra 6% y 10%.	37
Cuadro IV. Resultados obtenidos de la comparación del pan reducido contra el pan sin reducción para la validación del porcentaje de reducción utilizando una prueba 2-AFC y un nivel de significancia del 5%. N= 43.....	38
Cuadro V. Valores obtenidos del contenido de sodio y el porcentaje de reducción correspondiente en el pan sin reducción y pan con reducción para cada porcentaje de fibra utilizado.....	39
Cuadro VI. Valores promedio y probabilidad asociada para el tiempo, porcentaje de fibra y contenido de sal en el pan de molde para distintas variables.	41
Cuadro AI. Resultados del ANDEVA realizado a los tres lotes de pan de molde con fibra 6% y 10% reducidos y control	58
Cuadro AII. Análisis de interacciones de los resultados del ANDEVA realizado a los tres lotes de pan de molde con fibra 6% y 10% reducidos y control	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución normal de las percepciones sensoriales.....	16
Figura 2. (a) Representación Thurstoniana de dos productos que son muy diferentes. (b) Representación Thurstoniana de dos productos que son confundibles debido ya que sus distribuciones sensoriales se traslapan.	17
Figura 3. Función psicométrica derivada del Método de estímulos constantes. Ejemplo de repetidas comparaciones por pares contra un estímulo constante, en este caso 10% de sacarosa. UDL: Límite superior de diferencia (umbral) sin utilizar pruebas de discriminación.	21
Figura 4. Relación sigmoideal entre la respuesta gustativa (R/R_{max}) y la concentración del estímulo (C) según como se especifica en la Ecuación de Beidler.....	23
Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de pan de molde.....	28
Figura 6. Arreglo factorial para la determinación del efecto de la reducción de sal sobre características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca.	32
Figura 7. Curvas psicofísicas obtenidas del porcentaje de personas que seleccionaron las muestras distintas al estímulo constante como más saladas (eje y) contra la concentración de sal (eje x) para la determinación de la diferencia apenas perceptible (DAP) en un pan de molde utilizando fibra blanca al 6% (a) y 10% (b).....	35
Figura 8. Comparación cualitativa de las características de la miga correspondiente al pan sin reducción y pan con reducción para cada porcentaje de fibra utilizado.	44

RESUMEN

Brenes Viales, Natalia

Determinación de la reducción de sodio no perceptible en pan de molde con fibra blanca y su efecto durante el almacenamiento

Tesis en Ingeniería de Alimentos- San José, C.R.:

Brenes-Viales, N., 2022

73h.: 12 il. – 99 refs.

En este proyecto se determinó la reducción de sodio mediante el umbral de la diferencia apenas perceptible (DAP) en pan de molde utilizando dos concentraciones distintas de fibra blanca y su efecto sobre los parámetros de calidad del pan durante el almacenamiento.

Para la obtención del DAP se usó el método del estímulo constante, para esto, se elaboró una formulación denominada estímulo constante con un porcentaje de sal de 1,8% y 6 formulaciones con un porcentaje distinto de sal (0,90%, 1,20%, 1,60%, 2,14%, 2,85% y 3,80%) para ambos porcentajes de fibra blanca (6% y 10%) con estas muestras se hicieron seis pares de muestras, para cada porcentaje de fibra, para evaluarlas con la prueba de discriminación 2AFC donde cada consumidor seleccionó la muestra más salada de cada par. Para la verificación de la DAP, en cada porcentaje de fibra se realizó una prueba 2AFC, en la que se presentó la muestra con concentración de sal 1,8% contra una muestra de pan con una reducción de sal. El análisis de almacenamiento se realizó por triplicado, se evaluó el pan con uno y seis días de almacenamiento a temperatura ambiente, se midió actividad de agua, volumen específico, perfil de textura y porcentaje de humedad.

Para el pan con 6% de fibra se encontró una mejor predicción de la reducción de sal, mediante un ajuste logarítmico en la curva psicofísica para la determinación de la DAP. La DAP obtenida para el porcentaje de fibra 6% y 10% fue 0,41% y 0,45% respectivamente. Para reducir la sal se aplicó un factor de seguridad de 0,06 de reducción con respecto al umbral, lo que condujo a una reducción de sal de 0,35% y 0,39% respectivamente. El pan con 6% fibra se redujo a 1,45% de sal que, en la prueba de discriminación para la validación donde los consumidores percibieron una

diferencia pequeña, y en el caso del pan con 10% fibra se redujo a 1,41% de sal y la diferencia percibida por los consumidores fue un poco mayor. La determinación de contenido de sodio para el pan con fibra 6% mostró una reducción de 15,29% de sodio y para el pan con fibra 10% presentó una reducción de 23,95% de sodio. Los parámetros que mostraron diferencia debida al tiempo de almacenamiento fue el a_w , elasticidad y cohesividad; para la variación en el contenido de fibra el pan con 10% tuvo menos humedad y mayor a_w que el pan con 6% fibra. La reducción del contenido de sal no provocó cambios en textura, volumen específico, humedad y a_w . Como recomendación, se sugiere aplicar esta metodología para otros tipos de panes de alto consumo en Costa Rica y estudiar diferentes aditivos que se usan en panificación sobre la percepción del sabor salado.

Palabras claves: DAP (diferencia apenas perceptible), fibra blanca (pulpa de celulosa y hemicelulosa)

Yorleny Araya Quesada

Escuela de Tecnología de Alimentos

1. JUSTIFICACIÓN

En el Plan Nacional de reducción del consumo de sal/sodio en la población de Costa Rica 2011-2021, se indica que “La hipertensión arterial es el principal factor de riesgo de muerte en todo el mundo y es el segundo en discapacidad por enfermedad cardíaca, accidente cerebrovascular e insuficiencia renal”. Continuando con lo mencionado en dicho Plan, en el 2004 la Organización Mundial de la Salud (OMS) realiza la Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud, en la que establecen recomendaciones para lograr la reducción de sal y de sodio. Posterior a esto, en el año 2009 la Organización Panamericana de la Salud (OPS) emite la “Declaración de la Política para reducir el consumo de sal en las Américas” en la cual se marca como meta una reducción gradual y constante del consumo de sal hasta alcanzar la cantidad recomendada de 5 g de sal o 2 g de sodio al día por persona. Este Plan posee gran relevancia, pues, como lo indica el Ministerio de Salud (2020), en promedio la población adulta de Costa Rica consume 11,3 g de sal diaria por persona, cuyo valor recomendado por la OMS corresponde a 5 g por día por persona.

De acuerdo con Montero-Campos *et al.* (2015) para el año 2013 cinco países de América tuvieron en común la categoría de panes y productos de panadería como meta para reducir la cantidad de sodio ya que, debido al alto consumo de este grupo, se considera que es el que más sodio aporta. Esta observación no fue excepción en Costa Rica, ya que como concluyeron Guevara-Villalobos *et al.* (2019) en el estudio realizado, la alimentación de la población costarricense se caracterizó por ser poco variada y con un alto consumo de panes.

Es importante tener en cuenta que, la concentración de sodio necesaria para provocar la salinidad variará considerablemente entre las matrices de alimentos, es decir, es más fácil detectar cierta cantidad de cloruro de sodio (NaCl) en una solución acuosa que en una matriz de pan. Asimismo, la complejidad del sabor del alimento, el número o composición de ingredientes, entre otros factores, pueden afectar la percepción del sabor salado (Liem *et al.* , 2011).

En el estudio realizado por Scherf *et al.* (2015) se analizó la intensidad del sabor salado percibido de soluciones viscosas y geles de agar-agar, almidones, así como suspensiones de celulosa con partículas finas y compactas hasta partículas fibrosas gruesas, que en conjunto

demonstró que la percepción del sabor de la sal en las soluciones, suspensiones y geles de hidrocoloides depende del tipo y concentración de los polisacáridos en la matriz. En el caso de Panouillé *et al.* (2011) el estudio, se basó en la comprensión de la influencia de la composición, estructura y textura en la percepción de la sal en productos lácteos modelo, en el que lograron concluir que la percepción de la sal durante el consumo de alimentos es un evento que implica múltiples factores como interacciones fisicoquímicas entre constituyentes de la matriz alimentaria, posibles interacciones sensoriales, propiedades estructurales y texturales, entre otras, donde se evidenció el importante papel de la estructura y textura en la movilidad y percepción de la sal, así como las interacciones entre la grasa y la sal.

Además de la importancia de la percepción de la sal durante el consumo de alimentos, como se menciona anteriormente, se debe tener presente que la sal juega un papel crucial en la elaboración del pan pues, tiene importantes efectos en el desarrollo del gluten, reduciendo la textura pegajosa, durante el procesamiento y en las características del producto final (Kilcast y den Ridder, 2007), por esta razón, el tiempo de almacenamiento es clave para ver el impacto en la reducción de sal.

El énfasis de estos estudios fue dirigido hacia polisacáridos, no se enfocan propiamente en fibra o pan, sin embargo, cabe resaltar el hecho de cómo distintos factores afectan la percepción del sabor salado, siendo uno de ellos la composición de los ingredientes de la matriz, y el pan está constituido por polisacáridos que podrían afectar la percepción. Unido a estos dos estudios, destaca la investigación realizada por La Croix *et al.* (2014), en el cual se evaluó la reducción de sal en panes formulados con 50% de harina de trigo integral y 50% de harina de pan blanco, y se obtuvo que las reducciones de sal de hasta un 10% no fueron detectables para los consumidores. Es por esto que en este proyecto se desea determinar si variaciones en la cantidad de fibra en el pan provoca un cambio en la percepción del sabor salado.

La fibra dietética comprende sustancias que contienen distintos materiales naturales y modificados que varían en propiedades físicas y químicas causando que no puedan ser hidrolizadas por enzimas endógenas en el intestino delgado humano, mostrando distintos efectos fisiológicos. Algunos de esos materiales naturales y modificados son, por ejemplo, β -

glucano, pectinas, goma guar, arabinosilanos, inulina, celulosa, hemicelulosa, quitosano, lignina, entre otros. La fibra dietética muestra, además, diferentes propiedades físicoquímicas, tales como solubilidad, fermentabilidad, absorción de agua, capacidad de unión molecular, viscosidad, entre otras (Cruz-Requena *et al.* , 2019).

Existen muchos y distintos alimentos que son fuentes ricas de fibra, entre estos se encuentran los cereales integrales. Es importante comprender que entre ellos existen diferencias en la composición y calidad de dicho componente debido al tipo de cereal y al procesamiento (Serna-Saldivar, 2010). En el país se pueden encontrar distribuidores de fibra de trigo, descrita como fibra blanca, cuyo porcentaje de composición es de un 94% insoluble (Interfiber, 2018), siendo así una excelente opción como materia prima para aportar dicho nutriente. La fibra blanca posee algunas ventajas sobre la fibra de salvado de trigo, de arroz y otros cereales, una de ellas es que no aporta un sabor fuerte (Abdel-Aal *et al.* , 1996) y al ser blanca da una apariencia en el pan similar al pan blanco.

Es importante considerar que la fibra dietética contribuye a mantener un peso saludable, reducir el riesgo de sufrir diabetes, enfermedades cardíacas y ciertos tipos de cáncer (Mayo Clinic, 2019), por lo que su consumo tiene gran relevancia en el ser humano. Sin embargo, de acuerdo con la Comisión Intersectorial de Guías Alimentarias para Costa Rica (2007), para ese año no se registró un consumo adecuado de fibra, pues está por debajo de la ingesta dietética de referencia (30 g/día); sumado a esto, se incluye lo dicho por Ulate-Castro (2006), quien señala que el bajo consumo de vegetales y frutas, trae como consecuencia bajos consumos de fibra dietética.

Teniendo presente este contexto, este trabajo de investigación tiene como objetivo la determinación de la reducción de sodio, en pan de molde utilizando dos concentraciones distintas de fibra blanca y el efecto de esta reducción durante el almacenamiento del pan. En el año 2021 se realizó un estudio similar, en el que se analizó pan con salvado de trigo (Tencio-Valverde, 2021), mientras que con el presente estudio, se lograría proveer de más información que permita comparar la reducción de sal apenas perceptible en distintos tipos de pan, con el fin de determinar el impacto de los componentes del pan en la percepción de sabor salado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la reducción de sodio mediante la diferencia apenas perceptible en pan de molde utilizando dos concentraciones distintas de fibra blanca y su efecto sobre los parámetros de calidad del pan durante el almacenamiento.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Definir la diferencia apenas perceptible del sabor salado en pan de molde con dos concentraciones distintas de fibra blanca como una guía en la reducción de sal del pan.
- 2.2.2. Comparar el pan de molde con reducción de sal respecto al pan sin reducción para la estimación de si el consumidor percibe la diferencia.
- 2.2.3. Determinar, durante el almacenamiento, el efecto de la reducción de sal sobre características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Ingredientes utilizados en la elaboración del pan de molde

3.1.1. Harina

La harina de trigo proporciona estructura a los productos horneados debido a las proteínas y al almidón, el efecto de este último en la masa se debe a la gelatinización que hace q la miga sea más rígida. Las proteínas presentes además, realizan una labor fundamental, ya que en la medida en que las proteínas formadoras de gluten estén presentes en las harinas, hay elasticidad y estructura de la masa debido a la formación de una matriz de gluten (Vaclavik y Christian, 2014).

El gluten, o la matriz de gluten, destaca por su fuerte estructura tridimensional y viscoelástica, creada por proteínas específicas. Concretamente, son las proteínas gliadinas hidrofóbicas e insolubles las que aportan propiedades pegajosas y fluidas a la masa y las gluteninas insolubles las que aportan propiedades elásticas a la masa. Al momento de la hidratación y la manipulación, las dos proteínas se unen y forman puentes de disulfuro, produciendo una matriz de proteínas de gluten que se coagula en el momento de la cocción. El gluten determina la textura y el volumen del producto final. Adicionalmente, la harina es una fuente de azúcar fermentable sobre la que actúa la levadura para la producción de dióxido de carbono (CO₂) durante la fermentación (Vaclavik y Christian, 2014).

En la harina de trigo, el almidón representa aproximadamente el 65%, se compone de un 23% de amilosa y un 73% de amilopectina. Unido a esto, el almidón influye en la elasticidad de la masa por su presencia en la matriz total (Cauvain, 2015c).

Es importante tener presente, que, en el caso de la harina fuerte, hasta el 15 % de los gránulos de almidón están "dañados", es decir, se han deformado durante la molienda y contienen grietas y fisuras, provocando una absorción de aproximadamente cuatro veces más agua que los gránulos intactos, aumentando así, la absorción de agua de la masa. Además, el almidón dañado es mucho más susceptible a la acción de la α -amilasa que el almidón intacto, hecho que juega un papel importante en la modificación de las propiedades de la masa durante la fase de

fermentación, ya que la harina fuerte tiene un alto potencial de gluten que es importante para la estructura y la expansión de la masa fermentada (Cauvain, 2015c; Vaclavik y Christian, 2014).

3.1.2. Agua

La adición de agua influye en la dispersión, disolución e hidratación de los ingredientes, aunado a dichas funciones, el agua permite la transferencia de energía a la masa y la incorporación de aire durante el amasado, esto último y la creación de pequeñas burbujas de gas son fundamentales para el desarrollo de las estructuras celulares del pan. En la etapa de mezclado, el agua desempeña una función de gran importancia, ya que, facilita el desarrollo de una red de gluten adecuada en la masa (Cauvain, 2015; Cauvain, 2020)

3.1.3. Sal

La sal es un componente necesario de los panes que utilizan levadura pues controla su crecimiento con su producción de CO₂. En las masas típicas que utilizan levadura, la sal ejerce un efecto osmótico, compitiendo con otras sustancias para la absorción de agua. Esto significa que habrá menos agua para el desarrollo del gluten y para la gelatinización del almidón en la masa salada con levadura en comparación con la masa sin sal. Se debe tener presente además que, la sal aporta sabor a los productos horneados. La ausencia de sal en la masa genera un rápido desarrollo de la levadura y una rápida fermentación, provocando una estructura colapsable y extremadamente porosa, ya que el gluten se estira en exceso y las hebras se rompen (Vaclavik y Christian, 2014).

3.1.4. Grasa

Por su parte, la grasa contribuye al pan como un "agente de enriquecimiento" en los productos fermentados, que proporciona un bocado más corto y suave, ya que, recubre las proteínas de la harina en la masa e interfiere físicamente en el desarrollo de la proteína del gluten, sin embargo, si el recubrimiento es extremo, la textura del producto será harinosa, y la masa mostrará una menor formación de gluten. Al mismo tiempo las grasas, contribuyen a una ligera mejora de la vida útil de los productos (Cauvain, 2015; Vaclavik y Christian, 2014)

3.1.5. Levadura

La cepa de levadura más utilizada en la elaboración del pan es *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura metaboliza los azúcares fermentables, es decir, es quien participa en la fermentación, proceso anaeróbico, en el cual se genera etanol y CO₂. La mayor parte del alcohol se volatiliza en el horneado y el CO₂ proporciona el aumento del volumen en la masa. Es importante tener presente que el tiempo de fermentación de la masa se ve drásticamente afectado por la edad y la temperatura a la que se ha almacenado la levadura. Por otro lado, al utilizar inhibidores de moho, como el ácido propiónico y el propionato de calcio, se debe considerar que estos tienen un efecto retardador en la fermentación de la levadura (Cauvain, 2017; Vaclavik y Christian, 2014).

3.1.6. Azúcar

Además de aportar sabor, la presencia de azúcar hace que un producto sea más suave. Esto se debe a la absorción competitiva del agua por parte del azúcar contra la absorción de las proteínas de la harina y el almidón, provocando una disminución en el agua disponible para la formación de gluten y para la gelatinización del almidón. El azúcar también eleva la temperatura a la que se coagulan las proteínas y se gelatiniza el almidón, con lo que se prolonga el tiempo de expansión del CO₂, es decir, la adición de este ingrediente influye también en la formación de estructuras del producto, lo que a su vez influye en la textura, las cualidades de consumo y la vida útil tanto sensorial como microbiana. El azúcar además es un sustrato para que la levadura actúe, produciendo CO₂, ácidos, alcoholes y una serie de otros compuestos. Es importante tener en cuenta que el azúcar presenta tendencias higroscópicas (retención de agua), por lo tanto, los productos horneados pueden quedar demasiado húmedos, gomosos o blandos (Cauvain, 2017; Vaclavik y Christian, 2014).

3.1.7. Propionato de calcio

El propionato de calcio posee un papel en la elaboración del pan como preservante, es decir, contribuye a la inhibición del crecimiento de mohos y bacterias termófilas. Cabe mencionar, que el ácido propiónico o sus sales proporcionan la protección más eficaz contra el crecimiento del moho. La forma en que estos preservantes actúan sobre el moho se sugiere que se da mediante

la penetración de la molécula más lipofílica en la membrana, permitiendo a través del descenso del pH interno la inhibición directa de las enzimas de la glicólisis (Cauvain, 2015b; Gould, 1996; Lück, 1981) .

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los preservantes, inhiben el deterioro microbiano, estos no destruyen los microorganismos. La base esencial para que los productos de panadería tengan una vida útil adecuada es una panadería bien diseñada, limpia y bien gestionada, con un sistema de higiene adecuado (Cauvain, 2015b).

3.1.8. Mejorador comercial

Los mejoradores son una mezcla de compuestos que contribuyen e influyen con sus propiedades sobre las características del pan, permitiendo mejorar procesos durante la elaboración o bien atributos en el producto final. De acuerdo con Quaglia (1991) a continuación se mencionan algunos compuestos y funciones que constituyen las mezclas de mejoradores:

- Sustancias oxidantes: permiten aumentar la retención de gas, reforzar el gluten y aumentar la absorción.
- Emulsionantes: ablandan la corteza, aumentan el volumen y refuerzan la masa.
- Agentes reductores: contribuyen a la separación de proteínas del gluten con el fin de reducir el tiempo de amasado.
- Enzimas: según las enzimas utilizadas, pueden estimular la producción de gas mejorando la extensibilidad, oxidar pigmentos carotenoides del trigo y blanquear la miga o ser fuentes de amilasa y proteasa.
- Aceleradores de la fermentación: proporcionan fuentes de nitrógeno para el metabolismo de la levadura.
- Acidulantes: favorecen la reducción del pH de la masa y algunos son utilizados como aditivos aromatizantes.
- Amortiguadores (buffers): permiten controlar el pH, además de ser fuentes de iones cálcicos para reforzar la masa.

3.2. Proceso de elaboración del pan

La calidad del pan está grandemente influida por las operaciones de amasado: aplicación de energía durante la mezcla, incorporación de burbujas de aire en la masa y continuo "desarrollo" de la estructura de gluten; fermentación: paso que permite el aumento del volumen de la masa de moldeados; y horneado: última expansión de la masa y fijación de la estructura final (Cauvain, 2015a).

3.2.1. Amasado

La masa de pan es un sistema viscoelástico cuya formación se da debido a la energía mecánica impartida durante el amasado. En esta matriz se encuentra una dispersión de burbujas en un medio acuoso y comprende una mezcla de fases gaseosas, líquidas y sólidas dispersas. Este proceso además contribuye al desarrollo adecuado de la red de gluten, etapa de gran importancia pues la capacidad de retención de gas se debe esencialmente a la presencia de una red fuerte y elástica. El amasado permite también, la inclusión inicial de gas, la actividad de la levadura durante la fermentación y afecta la calidad del pan. Los efectos combinados de la producción y la retención de gas determinan en gran medida el volumen de la hogaza, la estructura de la miga y la textura del pan (Cappelli *et al.* , 2020; Cauvain, 2020).

Para realizar un correcto amasado, es importante el control de los parámetros clave en esta operación, entre ellos, Cappelli y Cini (2021), mencionan los siguientes: tiempo de amasado correcto, para evitar el exceso o la falta de mezcla; temperatura de la masa y la velocidad de amasado, para evitar el calentamiento de la masa y su debilitamiento excesivo; la temperatura del agua, la absorción de agua y el contenido de agua correctos para obtener una reología y consistencia óptimas de la masa y evitar el reblandecimiento excesivo y por último, la adecuada aireación de la masa, para garantizar un crecimiento adecuado durante la cocción y una miga de pan óptima.

3.2.2. Fermentación

La producción de una estructura celular definida en el pan depende totalmente de la creación y retención de burbujas de gas en la masa. Una vez finalizado el amasado el único gas "nuevo"

disponible es el CO₂ generado por la fermentación de la levadura. El CO₂ tiene muchas propiedades especiales: su alta solubilidad en comparación con los otros principales gases en la producción de pan, como el nitrógeno y el oxígeno; y su relativa incapacidad para formar burbujas de gas en la masa. Como la levadura produce CO₂, éste entra en solución en la fase acuosa de la masa, que, con el tiempo, la solución se satura impidiendo que pueda retener más CO₂ producido, la velocidad a la que se produce la saturación depende de las condiciones de fermentación, pero es bastante rápida en todos los procesos de panificación, como demuestra la rápida expansión de la masa (Cauvain, 2015a).

3.2.3. Horneado

En la elaboración del pan, la última etapa concluye en el horneado de la masa. Para esto es necesario utilizar altas temperaturas, por lo general en un rango entre 160 °C y 250 °C. El proceso de horneado permite la transformación de la masa en pan expandido, modificación del color de la corteza, la textura y el aspecto (Bredariol *et al.* , 2019).

La alta temperatura del horno genera diversas reacciones fisicoquímicas, por ejemplo, la coagulación del gluten y de las proteínas, producción de CO₂, gelatinización del almidón, entre otras, que dan lugar a la formación de la superficie de la corteza, crean la estructura alveolar de la miga y conducen a la expansión del producto (Schirmer *et al.* , 2011; Isleroglu *et al.* , 2012; Ploteau *et al.* , 2015)

Durante el horneado, como se mencionó, se da un aumento en el volumen de la hogaza , que es un cambio físico clave, y de acuerdo con Yin y Walker (1995), este cambio físico clave se debe a cuatro procesos principales. En primer lugar, el calor aumenta la presión del gas dentro de las células generando su expansión. Posterior, el calor reduce la solubilidad de los gases disueltos, que se liberan y migran hacia las células existentes aumentando su presión interna y, en consecuencia, su tamaño. Tercero, el etanol y otros líquidos volátiles presentes en la masa se transforman en forma gaseosa, contribuyendo al aumento de la presión de los gases y a la expansión de las células. Por último, las levaduras generan CO₂ (hasta que se inactivan por el aumento de calor), que también aumenta los gases y el vapor dentro de la estructura celular.

3.3. Aplicación de fibras en panes

Las fibras vegetales son los polímeros de carbohidratos más abundantes en la naturaleza y tienen estructuras compuestas complejas que se componen principalmente de celulosa, lignina y hemicelulosas (Liu *et al.* , 2008; Rowell *et al.* , 2005). La fibra utilizada en esta investigación se extrae del tallo de la planta del trigo y no del grano, posterior a esta extracción, se genera una pulpa compacta de la celulosa y hemicelulosa, la cual pasa por una operación de molienda en la que finalmente se realiza una separación por tamaño de partícula para obtener la fibra utilizada.

3.3.1. Fuentes de fibra utilizadas en la industria de alimentos

Las frutas, las verduras, los cereales, las legumbres, los frutos secos, las semillas, las cervecerías, las bodegas de vino y los subproductos de destilería son fuentes ricas en fibra (Helkar *et al.* , 2016)

Otra fuente muy común de fibra, la cual es utilizada en diversos productos es el salvado, el cual puede ser obtenido del trigo, avena, arroz, centeno, cebada, entre otros cereales (Rakha *et al.* , 2013). Además de lo anterior, la fibra puede ser extraída de semillas de dátiles, manzana, avellanas y salvado de maíz (Abdul-Hamid y Luan, 2000; Anil, 2007; Borchani *et al.* , 2011; Mahawar *et al.* , 2012).

Aunado a lo último mencionado, cabe recalcar otro tipo de fuente de fibra como los residuos agrícolas, ya que tienen un alto contenido en celulosa, hemicelulosa, lignina y xilosa (Chopra y Manikanika, 2021).

La extracción de fibras de residuos agrícolas puede lograrse mediante algunas técnicas químicas o mecánicas. Los tres pasos principales en esta extracción son la pre-hidrólisis, el despulpado y el blanqueamiento. Esta fibra puede extraerse de varias fuentes, como la pulpa de madera, la cáscara de arroz, los residuos de maíz, los residuos de trigo, los residuos de café, la cáscara de plátano, bagazo de caña de azúcar, entre muchas otras fuentes (Chopra y Manikanika, 2021).

3.3.2. Definición de pan integral

El pan elaborado con fibra blanca, en este proyecto, no puede definirse como pan integral, ya que, para ser etiquetado así, según lo señalado por Ross *et al.* (2017), el pan debe estar elaborado con al menos un 30% de ingredientes de grano entero en peso seco, incluidos los componentes que no son cereales, y con más ingredientes de grano entero que de grano refinado. Los granos enteros consisten en el grano intacto, molido, agrietado o en copos, una vez eliminadas las partes no comestibles (cáscara y la cascarilla), cuyos principales componentes, endospermo, germen y salvado, están presentes en las mismas proporciones relativas que las que existen en el grano intacto (Ross *et al.* , 2017). Es decir, el pan elaborado en esta investigación, al no haber utilizado en ninguna proporción el grano entero, ni fibra proveniente del grano, no se puede catalogar como pan integral. Aunado a esto, de acuerdo con el Decreto No. 22029 (1993), en el inciso 3.2.3, el pan integral se define como “Producto fabricado de forma tal que un mínimo de un 90% de la cantidad total de los productos molidos, debe ser harina integral. Este mínimo debe cumplirse siempre que se use la palabra integral”. A pesar de lo anterior, y considerando que no es un pan de molde tradicional, ya que se agrega fibra en su formulación, según el RTCA 67.01.60:10. (2012) este pan se puede considerar o etiquetar como “alto en fibra”.

3.4. Análisis instrumental para determinar la calidad del pan

La evaluación de la calidad del pan es un proceso subjetivo que depende en gran medida de las percepciones individuales de los consumidores, que a su vez se ven afectadas por factores sociales, demográficos y ambientales (Rosell, 2019). Sumado a lo anterior, durante el almacenamiento del pan se presentan eventos que provocan el “añejamiento” /endurecimiento del pan, estos acontecimientos son dependientes del tiempo y la temperatura que conducen al deterioro de sus propiedades físicas, por ejemplo, la disminución del carácter crujiente de la corteza y la pérdida de compuestos volátiles de sabor (Goesaert *et al.* , 2009; Rayas-Duarte y Mulvaney, 2012).

La percepción de la calidad del pan varía mucho entre los individuos y las variedades de pan. Sin embargo, existen métodos instrumentales que se enfocan en el proceso de elaboración del pan para evaluar la calidad del producto final (Rosell, 2019).

Dichos métodos instrumentales han definido y cuantificado una serie de características para evaluar los panes, entre ellas el volumen específico, contenido de humedad, la actividad del agua, la dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad de la miga, entre otras. Todas estas mediciones instrumentales han permitido investigar el impacto de las harinas, los ingredientes, auxiliares tecnológicos y procesos de elaboración del pan en los productos finales. Estas mediciones proporcionan valores objetivos que, aunque no reflejan las preferencias de los consumidores ni la percepción de la frescura, son muy útiles a efectos de comparación cuando el objetivo es la mejora de las características intrínsecas del pan que se perciben como atributos de calidad (Caballero *et al.*, 2007; Rosell, 2011, 2019).

3.4.1. Porcentaje de humedads

El agua es el principal componente en la mayoría de los alimentos, ya que constituye el medio en el que se producen reacciones químicas, además de contribuir de manera relevante a la textura de los alimentos debido a sus interacciones físicas con las proteínas, los polisacáridos, lípidos y sales (González y González, 2005).

Con relación al punto anterior, la textura en el pan puede alterarse debido al endurecimiento que se produce durante el almacenamiento, y el cual se da principalmente por la migración de agua y las transformaciones que se producen en el almidón. Las alteraciones relacionadas con el la migración del agua, incluyen además el aumento de humedad en la corteza (pérdida de textura crujiente), un aumento de la cristalinidad del gránulo de almidón, un aumento de la firmeza de la miga, una pérdida de propiedades sensoriales de los panes y la pérdida de capacidad de retención de agua de la miga (Gray y Bemiller, 2003; Ribotta y Le Bail, 2007). Es importante señalar, además, que la humedad del pan fresco está directamente relacionada con su textura blanda. El nivel ideal de humedad de la miga en los panes frescos está entre el 35% y el 40% (Shah *et al.* , 2006).

3.4.2. Actividad de agua (a_w)

Conocer el contenido de agua no es suficiente para evaluar la estabilidad de los alimentos, ya que alimentos con un contenido de agua similar difieren en su perecibilidad. Por esta razón es que además de tener noción del contenido de agua, se debe analizar también la actividad, ya que es un factor muy importante en la estabilidad y la calidad de los alimentos (González y González, 2005).

Debido a su actividad de agua y a las condiciones de almacenamiento, desde el punto de vista microbiológico, la reducción de la vida útil de los productos de panadería está causada principalmente por hongos filamentosos o mohos (Saranraj y Sivasakthivelan, 2015). Las formas más comunes de deterioro del pan son el endurecimiento, la pérdida de humedad y el deterioro microbiano. El deterioro microbiano recae por lo general en mohos, ya que, muchos tipos de pan poseen un a_w relativamente alto, el cual comprende un rango entre 0,94 y 0,97 (Magan *et al.* , 2012).

3.4.3. Volumen específico

El volumen específico es un parámetro de gran importancia en la elaboración del pan y el análisis de la calidad del mismo. Éste incluye el volumen y peso de la hogaza, está influenciado por la capacidad de absorción de agua de los componentes, así como por la reología de la masa e indica además la retención final de gas en el pan (Mancebo *et al.* , 2017; Mudgil *et al.* , 2016; Ni *et al.* , 2020). Sumado a lo anterior, el volumen específico del pan es una de las características visuales más importantes de los panes, que influye mucho en la elección del consumidor. Esto hace que sea un parámetro clave a la hora de evaluar la calidad del pan (Hager y Arendt, 2013).

3.4.4. Textura

“El análisis de perfil de textura está basado en el reconocimiento de la textura como una propiedad multiparamétrica y en la clasificación de algunas de sus características” (Roudot, 2004). Según lo indicado por Rosenthal (2001) y Roudot (2004), a partir de la curva obtenida en el análisis instrumental del perfil de textura, se pueden extraer diferentes parámetros, entre ellos:

- Fracturabilidad: fuerza necesaria para la primera ruptura.
- Dureza o firmeza: sensorialmente hace referencia a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares.
- Adhesividad: trabajo necesario para retirar el alimento de una superficie.
- Fragilidad: hace referencia a la fuerza en la que el alimento se fractura. Es importante considerar que los alimentos frágiles no son adhesivos.
- Cohesividad: “fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento” (Rosenthal, 2001).
- Elasticidad: extensión a la que un alimento que se comprime regresa a su tamaño original cuando se retira la fuerza
- Masticabilidad: “energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser tragado” (Rosenthal, 2001).
- Gomosidad: “energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser tragado” (Rosenthal, 2001).

En el caso del pan, los parámetros que aplican son dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad (Caballero *et al.* , 2007; Hug-Iten *et al.* , 2003)

Es de gran relevancia tener en cuenta, que tal como lo señala Rosenthal (2001), a pesar de que el análisis de perfiles de textura (TPA – Texture Profile Analysis) es de gran ayuda para la evaluación de la textura de los alimentos, se debe ser cuidadoso en el uso de los resultados para propósitos distintos a la evaluación comparativa, ya que la técnica es una imitación de lo que se realiza en la boca.

3.5. Prueba y análisis sensorial

3.5.1. Método Thurstoniano

El modelo Thurstoniano se basa en dos supuestos. El primer supuesto es que las percepciones tienen un componente probabilístico que sigue una regla de probabilidad normal (ver Figura 1). El segundo supuesto es que los evaluadores pueden ejecutar fielmente la regla de decisión asociada a la tarea sensorial que se les pide que realicen. El modelo Thurstoniano reconoce que

las percepciones varían cuando un evaluador realiza evaluaciones repetidas del mismo producto. Las variaciones pueden deberse a la heterogeneidad del producto, a cambios fisiológicos o psicológicos momentáneos del evaluador o a una combinación de ambos. Independientemente de las fuentes, las percepciones varían de una evaluación a otra (Meilgaard *et al.* , 2015b)

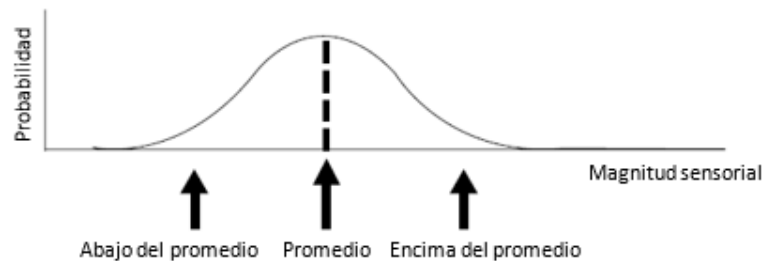


Figura 1. Distribución normal de las percepciones sensoriales. (Meilgaard *et al.* , 2015b)

La variación en la percepción es lo que lleva a los evaluadores a confundir productos que son "en promedio" diferentes. Cuando dos productos tienen magnitudes sensoriales medias muy diferentes no se confundirán porque no hay traslape en sus distribuciones perceptivas (Ver Figura 2). Sin embargo, cuando la diferencia entre los productos es pequeña, las dos distribuciones se superponen, y es posible que los productos se confundan. La probabilidad de que esto ocurra es proporcional a la distancia entre las medias de las dos distribuciones. La distancia entre las dos medias, denominada δ , es la medida fundamental de la diferencia sensorial en el modelo Thurstoniano. δ es el número de desviaciones estándar que separan las medias de las dos distribuciones. Si δ es pequeño, los dos productos son similares, por el contrario, si δ es grande, los dos productos son perceptiblemente diferentes. El valor de δ puede estimarse mediante cualquier método de elección forzada y el estadístico utilizado para estimar δ es d' (Meilgaard *et al.* , 2015b)

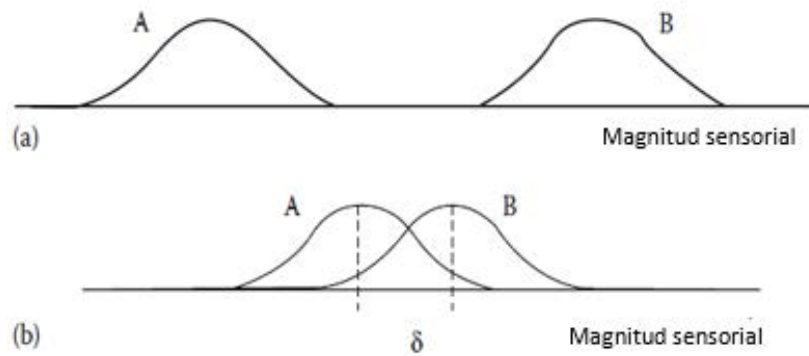


Figura 2. (a) Representación Thurstoniana de dos productos que son muy diferentes. (b) Representación Thurstoniana de dos productos que son confundibles debido ya que sus distribuciones sensoriales se traslapan. (Meilgaard *et al.* , 2015b)

3.6. Teoría psicofísica y umbrales

3.6.1. Inicios teóricos: teoría psicofísica y umbrales

La psicofísica es una rama de la psicología experimental dedicada a estudiar las relaciones entre los estímulos sensoriales y las respuestas humanas, es decir, a mejorar la comprensión del funcionamiento del sistema sensorial humano. Sumado a lo anterior, uno de los principales objetivos de la psicofísica es descubrir la forma de la función psicofísica, es decir, la relación entre un estímulo y la sensación resultante (Meilgaard *et al.* , 2015d).

Una de las primeras características de la función sensorial humana que se midió fue el umbral absoluto. El umbral absoluto o de detección se consideraba un nivel de energía por debajo del cual un estímulo no producía ninguna sensación y por encima del cual una sensación alcanzaría la conciencia. Los primeros fisiólogos, como Weber y Fechner, utilizaban el método clásico de los límites para medir el punto de discontinuidad (el umbral). En el método de los límites, se subía y bajaba el nivel de energía y se tomaba como umbral el punto medio en el que el observador cambiaba la respuesta de "no hay sensación" a "sí, percibo algo" (Lawless y Heymann, 2010)

La especificación del nivel mínimo de energía requerida para la percepción fue una de las primeras características de funcionamiento de la función sensorial que se cuantificó.

Históricamente, la otra propiedad común que se medía era el umbral de diferencia o el aumento mínimo de energía necesario para producir un aumento perceptible de la sensación. Unidas, estas dos medidas se utilizaron para especificar la función psicofísica (Lawless y Heymann, 2010).

3.6.2. Tipos de umbrales

- a. **Umbral absoluto o de detección:** consiste en el nivel de energía física más bajo de un estímulo o la concentración más baja en el caso de un estímulo químico que es perceptible. Al intentar medir esta cantidad, se termina estableciendo alguna regla práctica para encontrar un valor arbitrario en un rango de niveles de intensidad física que describe una función de probabilidad para la detección (Lawless y Heymann, 2010).
- b. **Umbrales de reconocimiento:** se trata de los niveles mínimos que adquieren el sabor u olor característico del estímulo y suelen ser un poco más altos que los umbrales de detección. En ejemplo, el NaCl diluido no siempre es salado, pero a bajas concentraciones justo por encima del umbral de detección se percibe como dulce (Bartoshuk *et al.* 47, 1978). La concentración a la que se percibe el sabor salado del NaCl es algo mayor (Lawless y Heymann, 2010).
- c. **Umbral de diferencia:** representa el cambio físico mínimo necesario para que una persona perciba el cambio el 50% de las veces. Tradicionalmente se mide mediante el método de los estímulos constantes, es decir, un método de comparación con una referencia constante, en el cual se aumenta y disminuye una serie de productos alrededor del nivel de la referencia (Lawless y Heymann, 2010).
- d. **Umbral terminal:** también se conoce como región en la que ya no se observa un aumento de la respuesta al aumentar la intensidad del estímulo físico (Brown *et al.* , 1978). Es decir, la respuesta sensorial ha alcanzado un nivel de saturación, más allá del cual, cuando se aumenta la intensidad del estímulo no aumentan las respuestas (Lawless y Heymann, 2010).

- e. **Umbral de rechazo:** se determina en el punto en el que se produce una preferencia del consumidor por una muestra que no contiene la sustancia (Lawless y Heymann, 2010).

3.6.3. Métodos para determinar umbrales

- a. **Método de límites ascendente de elección forzada:** se basa en un método estándar designado por la ASTM. Sigue el método clásico de límites, en el cual la intensidad del estímulo, en este caso la concentración de un producto químico de sabor u olor, se aumenta en pasos específicos hasta que se detecta la sustancia. El procedimiento añade una tarea de elección forzada en la que la sustancia a detectar se incluye en un conjunto de estímulos o productos que incluye otras muestras que no contienen nada de la sustancia añadida (Lawless y Heymann, 2010).
- b. **Diferencia de grado con respecto al control:** consiste en otro procedimiento práctico para estimar el umbral, ha consistido en utilizar calificaciones en escalas de grado de diferencia, en el que una muestra que contiene el estímulo que se va a reconocer se compara con un control o un estímulo en blanco (Brown *et al.* , 1978; Lundahl *et al.* , 1986). En estos procedimientos, las puntuaciones de la diferencia sensorial con respecto a la muestra de control aumentarán a medida que la intensidad del objetivo sea mayor. Se asigna como umbral un punto en el gráfico de calificaciones frente a la concentración (Lawless y Heymann, 2010).
- c. **Procedimientos adaptativos:** se enfoca en procedimientos en los que el siguiente nivel de intensidad del estímulo que se va a probar depende de la detección o no detección en el intervalo anterior. En estos procedimientos, el sujeto realiza un seguimiento en torno al nivel de umbral, ascendiendo en intensidad cuando la ejecución es incorrecta (o la no detección es la respuesta) y descendiendo en intensidad física cuando la ejecución es correcta (o la detección está indicada) (Lawless y Heymann, 2010).

3.6.4. Método de estímulos constantes para la determinación de la Diferencia Apenas Perceptible (DAP)

El uso del método de estímulos constantes permite determinar los umbrales de diferencia y el método de ajuste para establecer la equivalencia sensorial. Para lograr esto, se utiliza un estímulo de prueba el cual se compara siempre con un nivel de referencia constante (un estándar), normalmente el punto medio de una serie de niveles de intensidad física. El trabajo del consumidor consiste en responder a cada elemento de la prueba como "mayor que" o "menor que" el estándar.

Se presentan varias réplicas de cada nivel de intensidad, a partir de éstas, se determina y grafica el porcentaje de veces que la respuesta es "mayor que" (eje de frecuencias), como se ejemplifica en la Figura 3.

El umbral de diferencia apenas perceptible (DAP) se toma, como la diferencia entre los puntos 50% y 75% interpolados en la función en el eje de frecuencias (eje "y") y este valor se divide entre dos. Para el método 2-AFC (comparación pareada), la probabilidad de selección de un producto específico (más salado) por mero azar, es de uno sobre dos (50%) (Boring, 1942; Lawless y Heymann, 2010; Viswanathan *et al.* , 1983). Es por esto que el ajuste de los datos al azar, en la zona de percepción al ser reducida entre el 50% y el 100% de la frecuencia, para una prueba de comparación pareada, los niveles calculados del 25% y el 75% se convierten en el 62,5% y 87,5% de frecuencia (McBurney y Collings, 1977).

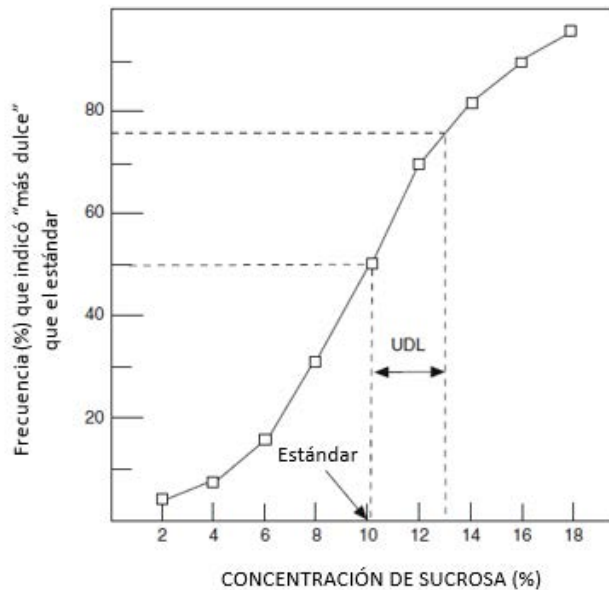


Figura 3. Función psicométrica derivada del Método de estímulos constantes. Ejemplo de repetidas comparaciones por pares contra un estímulo constante, en este caso 10% de sacarosa. UDL: Límite superior de diferencia (umbral) sin utilizar pruebas de discriminación.

(Lawless y Heymann, 2010d)

3.6.5. Pruebas de discriminación

Las pruebas de discriminación pueden utilizarse para abordar diversos objetivos prácticos, ya sea para demostrar una diferencia o similitud. En algunos casos, el interés en la utilización de estas pruebas es demostrar que dos muestras son perceptiblemente diferentes, por otro lado, en otros casos se requiere determinar si dos muestras son lo suficientemente similares como para utilizarse indistintamente (Meilgaard *et al.* , 2015c)

Para esta investigación, el enfoque recae en la utilización de una prueba de discriminación para determinar una diferencia. Según Meilgaard *et al.* (2015b), cuando se realizan pruebas de diferencia, el análisis estadístico se realiza bajo el supuesto implícito de que sólo importa el riesgo (α), es decir, la probabilidad de concluir que existe una diferencia perceptible cuando no la hay. El número de evaluadores se determina mirando en la tabla de riesgo (α) y teniendo en cuenta aspectos materiales, como la disponibilidad de consumidores, la cantidad disponible de muestras de ensayo, entre otros factores. El riesgo β (la probabilidad de concluir que no existe ninguna

diferencia perceptible cuando sí la hay) y la proporción de personas que distinguen (p_d), se asumen como no importantes. Como resultado, al probar la diferencia, se selecciona un valor pequeño para α y se aceptan valores arbitrariamente grandes para β y el p_d para mantener el número necesario de consumidores dentro de unos límites razonables.

La principal diferencia entre una prueba de umbral psicofísico y una prueba de discriminación sensorial es que el procedimiento psicofísico utiliza una serie de estímulos cuidadosamente controlados y normalmente simples de composición conocida. Por otro lado, la prueba sensorial es más probable que haya sólo dos productos, y dicho par se considera diferente o no, basándose en un criterio estadístico si es o no significativo. Existen distintas pruebas de discriminación, entre ellas se puede mencionar: triángulo, dúo trio, 3 AFC, tétrada y 2AFC (Lawless y Heymann, 2010b).

Las pruebas de diferencia de atributos miden un solo atributo, por ejemplo, el dulzor, comparando una muestra con otra u otras. Sin embargo, la ausencia de diferencias entre las muestras con respecto a un atributo no implica que no exista una diferencia global (Meilgaard *et al.* , 2015a).

En este tipo de pruebas, se encuentran las direccionadas, cuyo objetivo recae en establecer en qué sentido difiere una determinada característica sensorial entre dos muestras (por ejemplo, qué muestra es más salada). En esta modalidad, el método también se denomina prueba de comparación por pares o prueba de elección forzada de 2 alternativas (2-AFC), la cual es una de las pruebas sensoriales más sencillas y utilizadas, y suele emplearse en primer lugar para determinar si deben aplicarse otras pruebas más sofisticadas. Cuando se utiliza una prueba de comparación pareada, es necesario distinguir desde el principio entre las aplicaciones de dos colas (bilaterales, las más comunes) y las de una cola (unilaterales, cuando sólo interesa una respuesta o sólo una respuesta es correcta) (Meilgaard *et al.* , 2015a). En el caso de esta investigación se utilizó la prueba de comparación pareada 2AFC de una cola.

3.6.6. Curva psicofísica

Los resultados de las pruebas de discriminación permiten la obtención de las curvas psicofísicas, que tal y como se menciona previamente, mediante una ecuación matemática, brindan la información de la relación entre un estímulo y la sensación resultante.

De acuerdo con la metodología utilizada en esta investigación, para la obtención de la DAP, se tomó como guía lo dictado por el Modelo de Beidler, ver Figura 4, cuya ecuación establece que la respuesta (R), dividida por la respuesta máxima (R_{max}), muestra una relación sigmoideal con el estímulo (C), cuando C se representa en una escala logarítmica. A diferencia de otros modelos, como el de Fechner y Stevens, supone que la respuesta tiene un límite superior (R_{max}), que no se supera, independientemente de la concentración del estímulo. Se considera como aquella concentración cuando todos los receptores están saturados (Meilgaard *et al.* , 2015d).

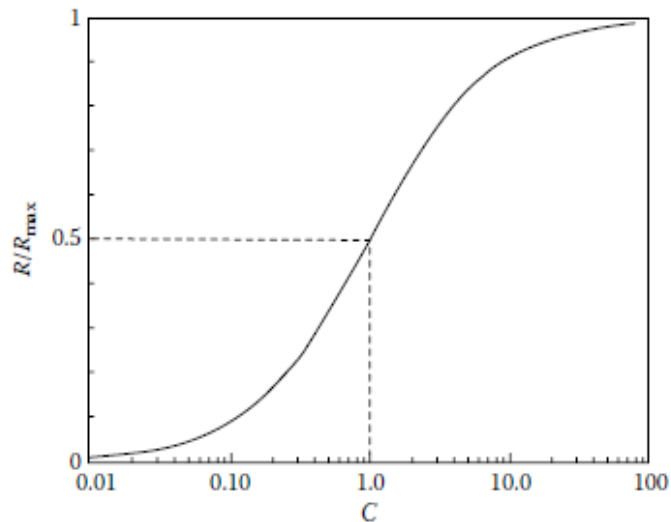


Figura 4. Relación sigmoideal entre la respuesta gustativa (R/R_{max}) y la concentración del estímulo (C) según como se especifica en la Ecuación de Beidler (Meilgaard *et al.* , 2015d).

3.7. Sabor salado

Las células receptoras del gusto, que median este sentido, se encuentran en toda la cavidad oral. La mayoría de las células receptoras del gusto son componentes de las papilas gustativas (Chandrashekar *et al.* , 2006). Cuando la comida o la bebida entran en la boca, las sustancias químicas de esos alimentos pueden activar los receptores gustativos. La señal química se convierte en una señal eléctrica y se envía a través de ciertas fibras nerviosas a las regiones de procesamiento gustativo del cerebro (Keast y Breslin, 2003; Keast y Roper, 2007).

El sabor percibido se determina por cuatro atributos distintos: calidad, intensidad y patrones temporales y espaciales (Keast y Breslin, 2003) . La calidad del sabor es el rasgo más importante que define la sensación gustativa y se define como un sustantivo descriptivo dado para categorizar las sensaciones que provocan los compuestos gustativos: dulce, ácido, salado, amargo y umami. La intensidad percibida está relacionada con la fuerza de la sensación gustativa y, cuando se traza contra las concentraciones degustadas, crea una función psicofísica (Liem *et al.* , 2011). Es importante tener presente que la cualidad gustativa provocada por el sodio es la salinidad, la intensidad de esta varía con la concentración de sodio en el alimento y el tiempo que se percibe el gusto salado en la boca varía desde cuando se introduce el alimento salado en la boca hasta la masticación, la deglución y el regusto (Liem *et al.* , 2011).

La identificación del sabor salado se produce cuando la concentración de sodio es lo suficientemente alta no sólo para activar los receptores gustativos, sino también para producir impulsos eléctricos, que pueden ser transportados a través de las neuronas sensoriales hasta el cerebro, donde son descodificados y tras los cuales se puede identificar la calidad del sabor. Esto se conoce como el umbral de reconocimiento, las concentraciones de sodio por encima del umbral de reconocimiento se perciben como un rango de salinidad (Keast y Breslin, 2003; Keast y Roper, 2007).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del proyecto

La elaboración de las distintas formulaciones de pan de molde se ejecutó en la Planta Piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Las pruebas para análisis sensorial se realizaron a domicilio y las pruebas fisicoquímicas se llevaron a cabo en el laboratorio de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. El análisis del contenido de sodio de la formulación final del pan de molde con fibra 6% y 10%, así como el pan control de cada una, se realizó en el laboratorio de química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA).

4.2. Materia prima

En el Cuadro I, se detallan las materias primas que se utilizaron para la elaboración de las distintas formulaciones de pan blanco de molde.

Cuadro I. Descripción de las materias primas a utilizar e ingredientes y sus distintos proveedores o marcas.

MATERIA PRIMA	MARCA	INGREDIENTES
Harina fuerte	Molinos de Costa Rica	Harina fuerte de trigo.
Levadura seca instantánea para masa salada	Red Star	Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), emulsionante monoestearato de sorbitán, 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	Geminis	Harina de soya, emulsificantes, excipientes fúngicos y oxidantes, CaCO ₂ y Daten.
Fibra blanca (Interfiber, 2018)	Aseal	94% fibra dietética.

4.3. Proceso de elaboración

4.3.1. Formulación

En el Cuadro II se muestra la formulación para la elaboración de un pan de molde de acuerdo con lo indicado por Benavides-Pérez (2017), la cual se utilizó como base para agregar la fibra. Se sustituyó parte de la harina para adicionar la fibra blanca en dos porcentajes diferentes. Los porcentajes de fibra fueron 6% y 10%, pues es un rango de porcentaje común en los panes de molde comerciales. El otro ingrediente que se varió fue la sal, tal y como se describirá más adelante.

Cuadro II. Formulación para la elaboración de un pan de molde utilizada para agregar la fibra.

Ingrediente	Porcentaje panadero (%)
Harina fuerte	100,0
Agua	56,3
Levadura	3,3
Sal	1,8
Azúcar	4,0
Manteca	4,5
Propionato de calcio	0,3
Mejorador comercial	0,9

4.3.2. Descripción el proceso de elaboración pan de molde

A continuación, se detalla el proceso a seguir para la elaboración del pan de molde. El resumen del proceso por medio de un diagrama de bloques se muestra en la Figura 5. Inicialmente en la batidora Hobart se realizó un mezclado de los ingredientes secos (harina, levadura, azúcar, preservante, mejorador y fibra blanca), utilizando la velocidad más baja de mezclado (velocidad 1). Posteriormente, mientras se continuaba con el mezclado a una velocidad baja, se añadió el agua en la cual estaba disuelta la sal con el fin de lograr una adecuada incorporación de la misma. Al finalizar la adición del agua, se aumentó la velocidad (velocidad 2) de mezclado para continuar con la formación de la masa. De manera manual se agregó la manteca con el fin de lograr una mejor incorporación de este ingrediente a la masa y finalmente se aumentó la velocidad de media

a alta (velocidad 4). Al terminar esta primera etapa, la masa se dejó en reposo 5 minutos, después de este periodo se continuó con el proceso.

De forma manual se realizó el amasado final aproximadamente por 2 minutos, boleado y moldeado. Para la etapa de moldeado se utilizaron moldes rectangulares de (13x9x5,5) cm, los cuales fueron engrasados previamente y en los que se agregó una cantidad aproximada de 140 g de masa de pan. Seguido, se fermentó la masa, controlando la humedad relativa (85%), temperatura (40 °C) y tiempo (30 minutos). Posteriormente se horneó (12 minutos a 170 °C) y al finalizar, se dejó enfriar a temperatura ambiente, finalizando con el empaque del pan en bolsas de polietileno de baja densidad.

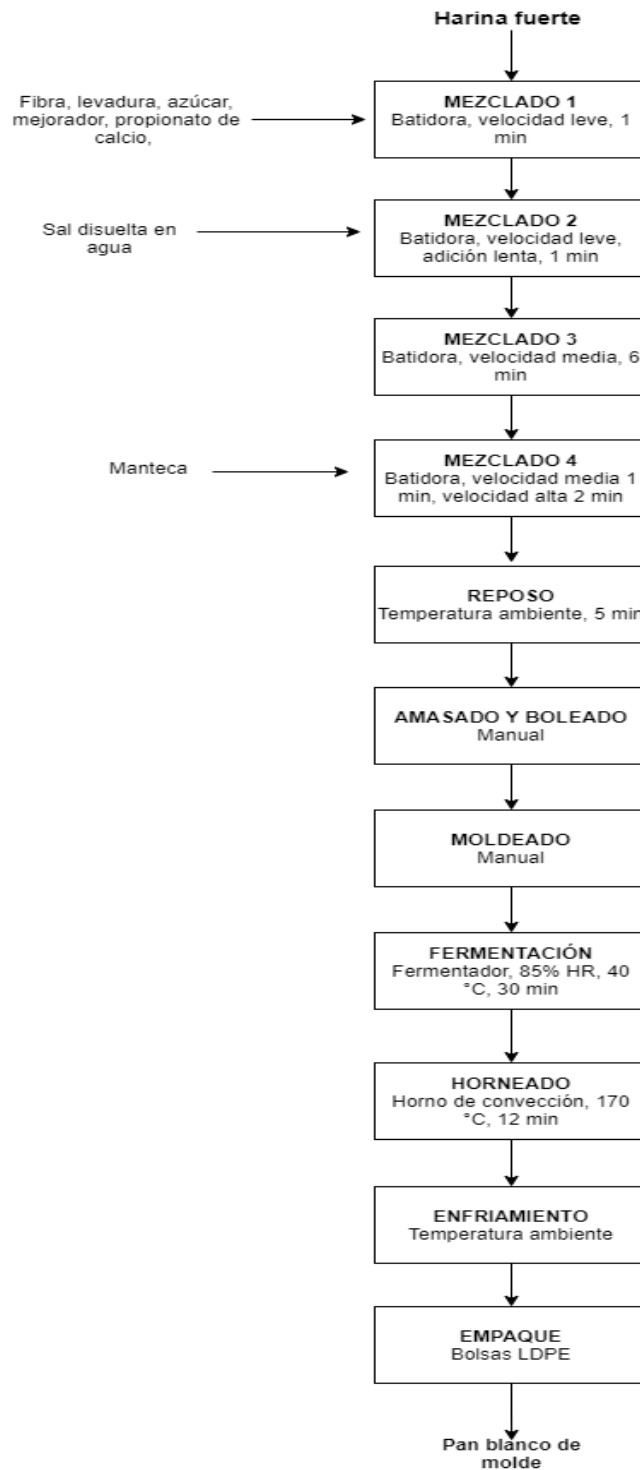


Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de pan de molde.

4.4. Diseño experimental y métodos de análisis

4.4.1. Definición del umbral de la diferencia apenas perceptible (DAP) en pan de molde con dos concentraciones distintas de fibra blanca para utilizarlo en la reducción de sal del pan

De acuerdo con la metodología realizada por Benavides-Pérez (2017), para la obtención del DAP se elaboró una formulación denominada estímulo constante con un porcentaje de sal de 1,8% y 6 formulaciones con un porcentaje distinto de sal para ambos porcentajes de fibra blanca (6% y 10%) analizados. Estos porcentajes de fibra se determinaron en una investigación previa realizada por Tencio-Valverde (2021).

Se realizó una prueba preliminar, tomando lo elaborado por Tencio-Valverde (2021). Se definió como porcentaje mínimo 0,4% de sal y como porcentaje máximo 3,5% de sal, pues la curva psicofísica requiere un estímulo muy bajo y otro muy intenso. A partir de estos valores, con un factor de incrementos de 1,54, se establecieron los porcentajes restantes de sal para las distintas formulaciones. Por lo tanto, para las 6 formulaciones distintas, se utilizaron los siguientes porcentajes de sal: 0,4%, 0,6%, 0,9%, 1,5%, 2,2% y 3,5%, para los dos porcentajes de fibra blanca. Se llevó a cabo un panel sensorial preliminar, empleando el método del estímulo constante con la prueba de discriminación 2AFC, utilizando una muestra de pan de cada formulación contra una muestra estímulo constante cuyo porcentaje de sal fue 1,8%. Participaron 10 consumidores, cada consumidor se le entregó la hoja de instrucciones y las muestras en bolsitas individuales selladas, rotuladas con sus respectivos códigos, los cuales fueron aleatorizados y balanceados. El objetivo de esta prueba era determinar si el porcentaje de consumidores que perciben la muestra diferente al estímulo constante como más salada va aumentando según el comportamiento teórico esperado en la curva psicofísica.

La muestra con 0,4% de sal fue percibida como muy insípida y en el caso del par compuesto por el pan 3,5% y 1,8% de sal el porcentaje de consumidores que señalaron la muestra con 3,5% de sal como más salada no fue lo suficientemente alto para tener la certeza de lograr un comportamiento de la curva como el esperado: es decir, cercano a un 100% de escogencia como la muestra más salada diferente al estímulo constante. De este modo, se definió que la muestra

de menor contenido de sal sería con 0,9% de sal y el mayor contenido de sal sería con 3,8% de sal, para lograr 6 formulaciones distintas. Para variar el % de sal en el rango entre 0,9% y 3,8%, se usó un factor de 1,334 estableciendo los porcentajes de sal para las 6 formulaciones: 0,90%, 1,20%, 1,60%, 2,14%, 2,85% y 3,80%, para los dos porcentajes de fibra blanca, para hacer las pruebas definitivas.

Las formulaciones anteriores fueron evaluadas por medio de un panel sensorial con consumidores donde se presentaron 6 pares de muestras de pan (una muestra de cada pareja correspondió al estímulo constante, cuyo porcentaje de sal fue 1,8%) en la que debieron seleccionar la muestra más salada de cada par (Benavides-Pérez, 2017). La cantidad de consumidores de pan para esta prueba de comparación pareada se definió utilizando una potencia de prueba de 0,95, con un nivel de significancia del 5% y un d' igual a uno, de modo que se requerían 40 consumidores (Ennis y Jesionka, 2011). Sin embargo, debido a la pandemia, las muestras se enviaban a domicilio y era posible que algún consumidor no realizara la prueba, por lo que se aplicó un factor de seguridad, para el panel del pan de molde 6% fibra, se entregaron las muestras a 42 consumidores y para el pan de molde fibra 10% a, 43 consumidores; fueron evaluadas por 41 y 42 consumidores respectivamente. Cada panel sensorial se realizó a domicilio, para los cuales se prepararon paquetes individuales. Cada paquete contenía una hoja con las instrucciones donde el consumidor debía marcar su respuesta (Anexo 9.3.1) El orden en el que los consumidores debían probar los panes fue balanceado y aleatorizado. Las muestras de pan fueron empacadas individualmente y rotuladas con su código de 3 dígitos.

A partir de la frecuencia con la que los consumidores percibieron la muestra diferente al estímulo constante como más salada, se elaboró un gráfico que presentara la relación de esta frecuencia con el porcentaje de sal utilizado en cada muestra de pan (Benavides-Pérez, 2017). Posterior a esto, se interpolaron los porcentajes de sal para una frecuencia de 87,5% y 62,5%, que representan el límite alto y el bajo del umbral. Estos porcentajes de sal de cada límite se restaron para obtener el intervalo de incertidumbre, el cual fue dividido entre dos para calcular el umbral correspondiente a la diferencia apenas perceptible (DAP) de sabor salado (Lawless y Heymann, 1999; McBurney y Collings, 1977). Es importante mencionar, para obtención de la DAP,

se hizo dos ajustes, uno lineal y otro logarítmico, para escoger el que ajustaba mejor a un valor cercano a 1. Se tomó la correlación logarítmica para ambos porcentajes de fibra.

4.4.2. Comparación del pan de molde con reducción de sal respecto al pan sin reducción para determinar si el consumidor percibe la diferencia.

Para la verificación del DAP, siguiendo lo elaborado por Benavides-Pérez (2017), se realizó un panel sensorial con consumidores utilizando una prueba de comparación pareada, en la que se presentó la muestra con concentración inicial de sal (1,8%) contra una muestra de pan con una reducción de sal ligeramente menor al DAP encontrado. Este último porcentaje se definió tomando el DAP encontrado al cual se le restó un factor de seguridad arbitrario de 0,06%, utilizado por Benavides-Pérez (2017) y Tencio-Valverde (2021), esto para cada porcentaje de fibra.

Al igual que en los paneles para determinar el DAP, de acuerdo con Ennis y Jesionka (2011), para esta prueba de comparación pareada se consideró la participación de 40 consumidores de pan, utilizando una potencia de prueba de 0,95, con un nivel de significancia del 5% y un d' igual a uno. Sin embargo, al igual que en el punto 4.4.1, como factor de seguridad se envió la muestra a 43 consumidores y todos devolvieron la hoja de evaluación con sus respuestas. Cada paquete contenía una hoja con las instrucciones donde el consumidor debía marcar su respuesta (Anexo 9.3.2)

4.4.3. Determinación del efecto de la reducción de sal sobre características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca durante el almacenamiento.

Para la determinación del efecto de la reducción de sal sobre características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca, se realizó un diseño de bloques completos al azar con 3 bloques (3 lotes) con arreglo factorial, utilizando tres factores, los cuales se muestran en la Figura 6 (concentración de fibra a dos niveles, el factor contenido de sal a dos niveles y el factor tiempo a dos niveles). Los dos niveles del factor tiempo se escogieron para que fueran similares al de otros TFG en pan de molde (Benavides-Pérez, 2017; Leandro-Brenes, 2019; Tencio-Valverde, 2021). Para el análisis de almacenamiento, de cada lote realizado, se evaluó el pan luego de un

día y luego de 7 días de elaborado, y se tomó como un factor discontinuo. Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) con el fin de determinar los efectos simples, para aquellas variables simples y las interacciones; para aquellas variables simples que mostraron diferencia significativa, al tener solo dos niveles no se les aplicó pruebas de comparación de medias. Las variables respuesta fueron: características de la miga, actividad de agua, volumen específico, perfil de textura y porcentaje de humedad.

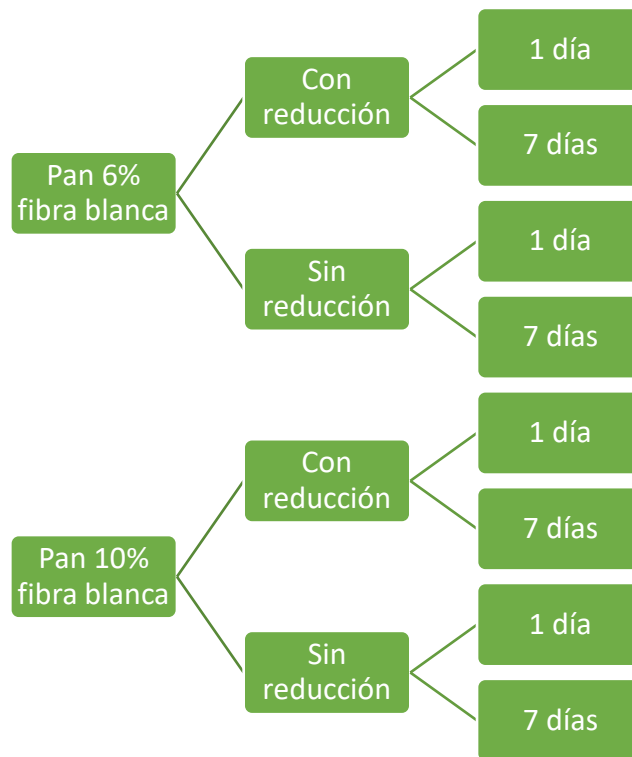


Figura 6. Arreglo factorial para la determinación del efecto de la reducción de sal sobre características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca.

4.4.3.1. Métodos de análisis

a. Características de la miga

Con base en lo elaborado por Benavides-Pérez (2017), los panes se cortaron en rebanadas de 1 cm y de forma cualitativa se evaluaron los cambios que se presentaron en la miga, evidenciado esto por medio de fotografías.

b. Actividad de agua

Siguiendo lo especificado por Meter group (2018), se trituró la muestra en un procesador, posteriormente se colocó la muestra pulverizada en el portamuestras hasta la marca que este indica y mediante el uso del AquaLab 4TE, se determinó la actividad de agua por triplicado para cada formulación.

c. Volumen específico

De acuerdo con lo realizado por Benavides-Pérez (2017), y siguiendo el método de desplazamiento de semilla reportado por Campbell *et al.* , (2016), en un recipiente cilíndrico en el que se pueda medir su volumen, se colocaron las semillas de mijo en el que se marcó la altura que estas alcanzaron, posterior se retiraron las semillas y en el recipiente vacío se colocó un trozo de pan, previamente pesado, y se vertieron nuevamente las semillas para marcar el nuevo volumen alcanzado. De cada formulación se midieron 3 unidades.

Teniendo los datos anteriores, se hizo uso del cálculo mostrado en la Ecuación 1:

$$\text{Volumen específico} \left(\frac{\text{mL}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{mL pan+semillas} - \text{mL semillas}}{\text{masa pan (g)}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

d. Perfil de textura (TPA)

En relación con lo elaborado por Benavides-Pérez (2017), se realizaron 7 mediciones con muestras de 3 cm de ancho y 2 cm de espesor cada una para realizar una prueba de compresión.

Para esto se hizo uso del texturómetro TA.XTPlus, con el cual se determinó la dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad de la miga del pan. Se utilizó una celda cilíndrica de 25 mm con una velocidad de compresión de 60 mm/ minuto hasta una distancia de 15 mm. La

compresión se llevó a cabo en dos ciclos con un intervalo de 5 segundos entre cada uno, con un “trigger” de 20 g.

La masticabilidad se determinó mediante el cálculo mostrado en la Ecuación 2.

$$\text{Masticabilidad} = \text{Dureza} * \text{Elasticidad} * \text{Cohesividad} \text{ (Ecuación 2)}$$

e. Porcentaje de humedad

De acuerdo con el método (AACC, 1999) para determinar el porcentaje de humedad, este se realizó en dos etapas.

Es importante aclarar que para la primera fase se realizó una modificación con el fin de acelerar el proceso. Inicialmente se pesó aproximadamente 20 g de pan (una rebanada) antes del secado y se colocaron sobre placas Petri, las cuales se pusieron en el deshidratador marca Excalibur a 41°C por dos horas (se rotó la rebanada pasada la primera hora con el fin de homogenizar el secado). Al finalizar el secado se pesó el pan y las placas Petri para determinar la masa perdida como porcentaje de humedad según la Ecuación 3.

Para iniciar la segunda etapa, cada rebanada se pulverizó en un procesador de alimentos, posteriormente se colocó por triplicado una muestra entre 2 g a 3 g en una estufa sin vacío a 100 campell hasta llegar a masa constante. Al completar esta última etapa, a cada muestra se le calculó el porcentaje de humedad según la Ecuación 3. Teniendo el porcentaje de humedad de las muestras de la primera y segunda etapa de acuerdo con la ecuación 3, se determinó el porcentaje total de humedad según la Ecuación 4.

$$\text{Porcentaje de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{Masa inicial muestra (g)} - \text{Masa final muestra (g)}}{\text{Masa inicial muestra (g)}} \right) * 100 \text{ (Ecuación 3)}$$

$$\text{Porcentaje total de humedad (\%)} = \% \text{ humedad etapa 1} + \left(\frac{(100 - \% \text{ humedad etapa 1}) * \text{porcentaje de humedad etapa 2}}{100} \right) * 100 \text{ (Ecuación 4)}$$

f. Sodio

Se determinó el sodio por el método de absorción atómica 985.35 AOAC, que se realizó en el laboratorio de química del CITA bajo el procedimiento P-SA-MQ-035

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Definición de la diferencia apenas perceptible (DAP) del sabor salado en pan de molde con dos concentraciones distintas de fibra blanca para la reducción de sal del pan.

A continuación, en la Figura 7 se presentan las curvas psicofísicas obtenidas de los paneles sensoriales para la determinación de la diferencia apenas perceptible.

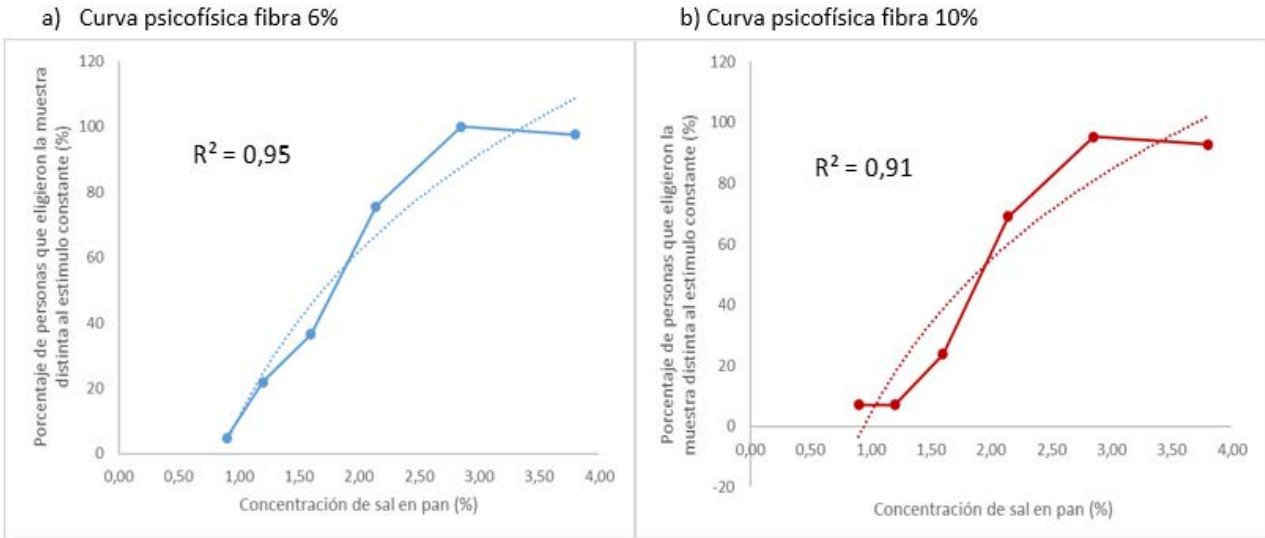


Figura 7. Curvas psicofísicas obtenidas del porcentaje de personas que seleccionaron las muestras distintas al estímulo constante como más saladas (eje y) contra la concentración de sal (eje x) para la determinación de la diferencia apenas perceptible (DAP) en un pan de molde utilizando fibra blanca al 6% (a) y 10% (b).

Considerando la Ecuación 5, la cual se genera a partir de la curva obtenida, al sustituir “y” por 62,5% y 87,5%, se logra interpolar los valores de “x” en ambos porcentajes de fibra, esto con el fin de calcular la diferencia apenas perceptible (Ecuación 6).

$$y = m \ln x + b \text{ (Ecuación 5)}$$

$$62,5\%_{Fibra\ 6\%} = 73,04 \ln x_1 + 11,77$$

$$87,5\%_{Fibra\ 6\%} = 73,04 \ln x_2 + 11,77$$

$$x_1 = 2,01\%$$

$$x_2 = 2,84\%$$

$$DAP_{Fibra\ 6\%} = \frac{x_2 - x_1}{2} \text{ (Ecuación 6)}$$

$$DAP_{Fibra\ 6\%} = \frac{2,84 - 2,01}{2} = 0,41\%$$

$$62,5\%_{Fibra\ 10\%} = 73,195 \ln x_1 + 4,19$$

$$87,5\%_{Fibra\ 10\%} = 73,195 \ln x_2 + 4,19$$

$$x_1 = 2,22\%$$

$$x_2 = 3,12\%$$

$$DAP_{Fibra\ 10\%} = \frac{3,12 - 2,22}{2} = 0,45\%$$

Con el cálculo del DAP obtenido se aplicó un factor de seguridad (Tencio-Valverde, 2021) para disminuir el riesgo de que los consumidores encuentren diferencia, es decir, se reduce la sal en menor cantidad que la calculada con el DAP. La reducción se calculó de la siguiente manera:

$$DAP_{Fibra\ 6\%} = 0,41\% - 0,06\% = 0,35\%$$

$$DAP_{Fibra\ 10\%} = 0,45\% - 0,06\% = 0,39\%$$

Cuando se comparan las curvas psicofísicas de los panes se encontró que se asemejan con respecto a la curva teórica (Figura 4), mas no son idénticas, pues la curva teórica fue construida con una disolución modelo. La curva del pan con fibra 10% (ver Figura 7) es la que más se aleja del comportamiento teórico esperado ya que en el último par de datos, lo esperado era que un mayor número de consumidores señalaran la muestra distinta al estímulo constante como la más salada, sin embargo, no todos percibieron esa diferencia. Para solucionar esto, se pudieron haber ejecutado dos opciones; la primera, aumentar la diferencia en el porcentaje de sal, pero esto no era una opción viable ya que el pan distinto al estímulo constante era muy salado, por otra parte, se pudo haber aumentado la cantidad de consumidores para aumentar la probabilidad de encontrar la diferencia, no obstante, el resultado obtenido fue bastante confiable, lo cual se verifica con el coeficiente de determinación que fue alto.

En el Cuadro III, se puede observar la diferencia apenas perceptible de sabor salado para los panes con diferente contenido de fibra, así como el porcentaje de sal con la respectiva reducción realizada.

Cuadro III. Porcentaje de reducción obtenida y porcentaje de sal final para el pan reducido según los resultados de las curvas psicofísicas para pan con porcentaje de fibra 6% y 10%.

Porcentaje de fibra (%)	Reducción de sal (%)**	Porcentaje de sal para el pan reducido (%)
6	0,35	1,45
10	0,39	1,41

* Porcentaje control de sal: 1,8%

**Corresponde al DAP menos el factor de seguridad de 0,06% aplicado

En el Cuadro III se presenta la reducción de sal para los dos porcentajes de fibra, donde se observan valores muy similares, sin embargo, es importante considerar que la diferencia en la cantidad de fibra puede ser un factor a considerar en los resultados obtenidos. Relacionando lo anterior con las curvas de la Figura 7 y las DAP obtenidas, se puede considerar que es más fácil reducir la sal en un pan con mayor porcentaje de fibra.

La concentración de sodio necesaria para provocar una variación de la salinidad varía considerablemente entre matrices, ya que es más fácil detectar NaCl en una solución acuosa que en una matriz de pan, aunado a esto, es importante tener claro que, la intensidad percibida de un solo compuesto en una solución acuosa aumenta a medida que aumenta su concentración, la intensidad percibida de las mezclas puede ser aditiva o no aditiva, lo que da lugar a resultados de supresión o potenciación (Liem *et al.* , 2011). De acuerdo con el estudio realizado por Vázquez *et al.* (2009) en galletas, se observó como el aumento del contenido en fibra acompañó positivamente la disminución del contenido de sal. A pesar de no ser la misma matriz, son resultados que apoyan la interacción de la fibra respecto al sabor salado percibido en un producto.

Al comparar estos resultados obtenidos con la investigación realizada por Tencio-Valverde (2021), que calculó el DAP de pan de molde con 6 y 10% de fibra proveniente de salvado de trigo, se observa que la reducción de sal lograda fue menor para el pan con salvado. Se obtuvo para

fibra 6% una DAP de 0,22% (0,13% menos que con fibra blanca), mientras que con fibra al 10% una DAP de 0,27% (0,12% menos que con fibra blanca). La fibra blanca tiene un sabor tenue, sin embargo es posible que haya tenido un efecto potenciador de sabor por su contenido de sodio, 370 mg/100 g, (Interfiber, 2018) y que fue mayor al reportado para el salvado, 42,33 mg/100 g de sodio, que se usó en la investigación de Tencio-Valverde (2021).

5.2. Comparación del pan de molde con reducción de sal respecto al pan sin reducción para determinar si el consumidor percibe la diferencia.

Los resultados obtenidos en el panel sensorial comparativo para la validación de las reducciones resultantes de la curva psicofísica, se muestran en el Cuadro IV.

Cuadro IV. Resultados obtenidos de la comparación del pan reducido contra el pan sin reducción para la validación del porcentaje de reducción utilizando una prueba 2-AFC y un nivel de significancia del 5%. N= 43

Porcentaje fibra (%)	Número de aciertos	Aciertos mínimos*	Probabilidad*	d' **
6	31	28	0,003	0,83
10	37	28	<0,001	1,53

* (Roessler *et al.*, 1978)

** (Ennis, 2013)

Tomando en cuenta los resultados mostrados en el Cuadro IV, se observa que los consumidores percibieron la diferencia tanto para el pan de molde con porcentaje de fibra al 6% como con fibra al 10%. Sin embargo, al comparar la d' de cada porcentaje de fibra, para 6% se obtuvo un valor menor a 1, por otro lado, para el pan con 10% la d' tuvo un valor mayor a 1, es decir, según lo dicho por O'Mahony y Rousseau (2003), un valor de d' igual a 1 puede considerarse un valor umbral en psicofísica, mientras cuanto mayor sea el d', mayor es la diferencia en la percepción de los productos.

En el estudio realizado por Vázquez *et al.* , (2009) al agregar fibra a biscuits reducidos en sal, los panelistas entrenados percibieron más el sabor salado, en comparación con aquellos biscuits cuya sal no fue reducida y el contenido de fibra no se incrementó. Dado que en el pan con 10%

de fibra la reducción de sal fue mayor y llevó a que el pan tuviera un menor contenido de sal, ese mayor contenido de fibra y la disminución de sal respecto al pan con 6% pudo provocar que la d' fuera superior a 1, ya que mayor cantidad de consumidores percibieron la diferencia.

Cabe resaltar, además, que, de acuerdo con las curvas psicofísicas mostradas en la Figura 7, para la determinación de la DAP, a partir de los valores del R^2 (fibra 6% = 0,95 y fibra 10% = 0,91), según el ajuste logarítmico de cada curva, se puede observar que el R^2 más bajo correspondió al pan con fibra 10%. El R^2 (coeficiente de determinación) es la proporción estimada de la varianza del conjunto de datos “Y” que puede atribuirse a su correlación lineal con “X”, este coeficiente puede oscilar entre 0 y 1 y cuanto más se acerque el valor a 1, mejor será el ajuste de la línea recta (Lawless y Heymann, 2010a). Esto implica que la curva obtenida del pan de molde con fibra 6% tuvo un mejor ajuste, es decir, las predicciones son más exactas. En el caso del pan 10% fibra como el ajuste fue menor la predicción fue menos exacta y eso provocó mayor diferencia entre muestras. A pesar de que el pan con 10% tuvo un d' de 1,53 la diferencia en la apariencia y en los otros atributos no fue lo suficientemente grande para considerar la aplicación de una prueba de agrado. De acuerdo a dichos resultados, se podría considerar un ajuste potencial que se ajuste más a la parte baja de la curva y no se aplane, de manera que se pueda obtener una disminución en el intervalo de incertidumbre.

A continuación, en el Cuadro V se presentan los resultados del análisis en laboratorio correspondiente al contenido de sodio en el pan de molde utilizando fibra 6% y 10%.

Cuadro V. Valores obtenidos del contenido de sodio y el porcentaje de reducción correspondiente en el pan sin reducción y pan con reducción para cada porcentaje de fibra utilizado.

Porcentaje de fibra (%)	Contenido de sal	Contenido de sodio (mg/100g)	Porcentaje de reducción de sodio (%)
6	SR	399 ± 53	15,29
	CR	338 ± 45	
10	SR	430 ± 57	23,95
	CR	327 ± 43	

SR: sin reducción; CR: con reducción

* Contenido de sodio en fibra según ficha técnica: 370 mg /100 g

De acuerdo con los resultados mostrados en el Cuadro V, se puede corroborar la reducción de sodio en el pan blanco de molde para ambos porcentajes de fibra. Es importante aclarar que, el contenido de sodio para la muestra sin reducción de fibra 6% es menor que la muestra sin reducción de 10% por la diferencia en el contenido de fibra porque ésta aporta sodio, sin embargo, el contenido de sodio de la muestra con reducción es menor para el pan con fibra 10% ya que, la reducción de sal para este porcentaje fue ligeramente mayor.

Con relación al pan con fibra 6%, cabe resaltar que el porcentaje de reducción de sodio fue el 15%, cifra que alcanza el valor promedio de la meta de reducción con la que se comprometió la industria alimentaria (Ministerio de Salud, 2016). Por otra parte, para el pan con fibra 10%, el porcentaje de reducción fue 23,95% es decir, no alcanzó el 25% que se requiere para declarar el pan “reducido en sodio”, ya que, como lo señala el RTCA 67.01.60:10. (2012), “El uso de los términos reducido, light, liviano o ligero corresponden a una disminución de al menos un 25% del contenido de energía o nutrientes respecto al alimento de referencia con el cual se compara”.

Esa percepción de la diferencia del 10% fue encontrada en un estudio similar de La Croix *et al.* (2014), en el cual, al utilizar pan integral lograron concluir que, para una reducción de sodio entre el 20% y 30%, la capacidad de los consumidores para discriminar entre pan reducido en sodio y el pan control con mayor contenido de sal fue significativamente diferente con una probabilidad menor a 0,05.

Cabe resaltar además que, los resultados obtenidos por (Tencio-Valverde, 2021), utilizando salvado de trigo, el porcentaje reducido de sodio para fibra 6% fue de 12,2% y para fibra 10%, una reducción de sodio del 15%, valores menores a lo obtenido utilizando fibra blanca. Es importante tener en cuenta que la fibra blanca utilizada en esta investigación reportaba un porcentaje de sodio inherente al contenido, factor que pudo haber influido en los resultados, permitiendo que, a diferencia del salvado de trigo, la reducción de la sal añadida fuera mayor para ambos porcentajes de fibra.

5.3. Determinación durante el almacenamiento del efecto de la reducción de sal sobre las características de calidad del pan de molde con dos porcentajes de fibra blanca.

En el Cuadro VI se detallan los valores promedio y probabilidades asociadas a los diferentes factores analizados, así como las diferencias significativas encontradas en cada variable. Las interacciones de los factores no fueron significativas.

Cuadro VI. Valores promedio y probabilidad asociada para el tiempo, porcentaje de fibra y contenido de sal en el pan de molde para distintas variables.

Parámetro	Tiempo			Porcentaje de fibra			Contenido de sal		
	1 día	7 días	*P _t	6%	10%	**P _f	CR	SR	***P _s
a _w	0,940 ^b	0,949 ^a	<0,0001	0,942 ^b	0,947 ^a	0,0276	0,944	0,945	n.s
Humedad (%)	35,75	34,93	n.s	35,82 ^a	34,85 ^b	0,0444	35,14	35,54	n.s
Volumen específico (mL/g)	3,16	3,30	n.s	3,23	3,24	n.s	3,23	3,23	n.s
Dureza (N)	14,080	13,342	n.s	11,161	16,261	n.s	14,891	12,531	n.s
Elasticidad (mm)	14,997 ^b	14,998 ^a	0,0329	14,998	14,997	n.s	14,997	14,997	n.s
Cohesividad	0,425 ^a	0,342 ^b	<0,0001	0,388	0,379	n.s	0,379	0,388	n.s
Masticabilidad (N * mm)	87,234	64,621	n.s	60,721	91,133	n.s	85,115	66,740	n.s

Letras distintas indican las diferencias significativas entre los promedios de cada parámetro con un $p \leq 0,05$.

SR: sin reducción; CR: con reducción

*P_t: probabilidad asociada al tiempo de almacenamiento; **P_f: probabilidad asociada al contenido de fibra blanca; ***P_s: probabilidad asociada al contenido de sal

En el Anexo A.I, se pueden detallar los resultados obtenidos en el análisis ANDEVA para cada variable. Se encontró que el contenido de sal no presentó alguna variable donde se encontrara diferencia significativa con el ANDEVA. Mientras que para el tiempo de almacenamiento y el porcentaje de fibra se encontró diferencias significativas en el a_w y humedad, y también la elasticidad y cohesividad cambió debido al tiempo de almacenamiento según el ANDEVA.

A partir de lo mostrado en el Cuadro VI, haciendo un recorrido por los valores promedio obtenidos, se observa que, con respecto al contenido sal, no presentaron diferencias; tanto para

el pan sin reducción como con reducción los valores son bastante similares. El contenido de sal no afecta ninguna de las características de textura ni de retención de agua del pan. De acuerdo con el contenido de sal, se puede apreciar que para cada parámetro no hubo diferencia significativa, esto muy probablemente porque el porcentaje de sal, tanto para las muestras con reducción como sin reducción se encuentran entre 1,8% y 1,41%; lo que se ajusta a lo que señala Avramenko *et al.* (2017) que el rango de sal utilizado dentro de la formulación del pan es aproximadamente de 1% a 2% con base en el peso de la harina. Con respecto al volumen específico, en un estudio realizado por Czuchajowska *et al* (1989) el volumen específico del pan disminuyó ligeramente cuando no se añadió sal, sin embargo, Lynch *et al.* (2009) y Okano y Mizutani, (1995) no informaron alguna diferencia significativa, sino una tendencia al aumento del volumen específico del pan con niveles reducidos de sal.

Respecto a los resultados observados para el a_w durante el periodo de almacenamiento, se evidencia un aumento al pasar del día 1 al día 7, el cual puede relacionarse al proceso de retrogradación o añejamiento del pan, ya que como lo indican Garimella-Purna *et al.* (2011) y Hug-Iten *et al.* (2003), durante el almacenamiento se presentan eventos como la retrogradación del almidón, distintos cambios organizativos de los polímeros de almidón y la migración de agua desde el gluten al almidón y desde la miga a la corteza debido al proceso de añejamiento. Esto podría explicar que para el día 7 la actividad de agua sea mayor. A pesar de esto, aunque estadísticamente haya diferencia en términos prácticos el aumento observado en el Cuadro VI no implica una mayor probabilidad de deterioro, ya que, el valor de a_w está en el rango de aparición de mohos, levaduras y bacterias tanto al inicio como al final del periodo de almacenamiento (Belitz *et al.* , 2009).

Por otro lado, como se muestra en el Cuadro VI entre el porcentaje de fibra 6% contra 10%, el a_w aumenta al aumentar el contenido de fibra, mientras que el porcentaje de humedad muestra un comportamiento contrario, presentando un valor mayor de humedad con 6% de fibra. De acuerdo con lo mencionado por Poran *et al.* (2008), el grupo hidroxilo retiene las moléculas de agua, grupo que se encuentra en la celulosa y hemicelulosa, que se encuentran en la fibra utilizada en esta investigación. Aunado a lo anterior, en el estudio realizado por Wang *et al.*

(2002), donde se analizó el efecto de la adición de diferentes fibras sobre la calidad del pan, se obtuvo que, la fibra con mayor contenido de fibra insoluble, tuvo porcentajes mayores en el contenido de humedad. Es decir, analizando los resultados del Cuadro VI, a mayor porcentaje de fibra, efectivamente se da un aumento del a_w , por lo tanto, se podría considerar que el agua disponible para evaporarse es mayor, de ahí que el porcentaje de humedad sea menor al agregar 10% de fibra.

En cuanto a la diferencia significativa en el resultado de cohesividad y elasticidad durante el periodo de almacenamiento, es importante tener en cuenta que, cohesividad se relaciona a la fuerza que los enlaces internos ejercen sobre el alimento y elasticidad a la capacidad de un alimento de regresar a su tamaño original después de haberse comprimido. De acuerdo con el Cuadro VI, se observa que el tiempo de almacenamiento provocó una disminución en la cohesividad, pero un aumento en la elasticidad. Es decir, se podría entender con estos resultados que la fuerza de unión de los enlaces internos disminuyó, permitiendo una mejor capacidad del pan de regresar a su tamaño original. Como se menciona anteriormente, ocurren cambios organizativos de los polímeros de almidón y se da una migración de agua desde el gluten al almidón y desde la miga a la corteza debido al proceso de añejamiento durante el almacenamiento.

Es importante destacar que, a nivel instrumental, los resultados no arrojaron diferencia significativa en el parámetro de dureza, dato de gran relevancia para analizar que el tiempo de almacenamiento, porcentaje de fibra y contenido de sal no influyó en la dureza del pan. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, dichos resultados deberían evaluarse a nivel sensorial de manera que se pueda comparar si lo obtenido por el texturómetro, coincide con lo que pueda percibir el consumidor.

Es importante señalar, que al comparar el resultado de Tencio-Valverde (2021), cuya investigación utilizó salvado de trigo en los mismos porcentajes de la fibra, sus resultados mostraron una diferencia significativa en el resultado de cohesividad, que también se dio durante el almacenamiento, no así en el valor de elasticidad, el cual no presentó diferencia significativa.

La apariencia del pan es una característica que es muy importante ya que es lo que los consumidores perciben primero. En la Figura 8 se muestran fotografías, de panes con fibra 6% y al 10% sin reducción y reducidos en sal, y se observa que la apariencia de los panes es semejante, visualmente no se observan características distintas entre ellos. Se perciben burbujas similares, así como la forma compacta de la miga. Estas imágenes refuerzan en cierta forma, los resultados del Cuadro VI, donde se muestra que la mayoría de parámetros no presentaron diferencia significativa, y aquellos que sí mostraron, posiblemente se iba a percibir más a nivel de textura, como la humedad, elasticidad y cohesividad.





Porcentaje de fibra (%)	Contenido de sal	
	Sin reducción	Con reducción
6		
10		

Figura 8. Comparación cualitativa de las características de la miga correspondiente al pan sin reducción y pan con reducción para cada porcentaje de fibra utilizado.

6. CONCLUSIONES

- Para el pan con 6% de fibra se encontró una mejor predicción que con 10% de fibra, de la reducción de sal mediante un ajuste logarítmico en la curva psicofísica para la determinación de la diferencia apenas perceptible.
- La diferencia apenas perceptible para el pan de molde con 6 % y 10% de fibra fue de 0,41% y 0,45% respectivamente, que permitió hacer reducciones de sal de 0,35% y 0,39%.
- A partir de la diferencia apenas perceptible el pan con 6% fibra se redujo de 1,8% a 1,45% de sal. Los consumidores fueron capaces de percibir la diferencia en el sabor salado, pero, se demostró que es una diferencia muy pequeña que las personas sin comparar, en el mismo momento, contra el pan con la concentración original de sal no notarán.
- A partir de la diferencia apenas perceptible el pan con 10% fibra se redujo de 1,8% a 1,41% de sal, que los consumidores fueron capaces de percibir y que es una diferencia que los consumidores podrían notar al consumir este pan sin compararlo con el pan con contenido de sal sin reducción.
- La elasticidad y el a_w aumentaron y la cohesividad disminuyó durante el tiempo de almacenamiento, aunque los cambios son bastante pequeños entre sí.
- El a_w y humedad fueron parámetros cuya diferencia fue significativa al variar el porcentaje de fibra en el pan de molde, con mayor porcentaje de humedad y menor a_w para mayor contenido de fibra, con valores que siguen estando dentro de lo normal para un pan.
- El contenido de sal no fue un factor que produjera diferencias significativas en los distintos parámetros (porcentaje de humedad, a_w , volumen específico, dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad) analizados durante el almacenamiento.

7. RECOMENDACIONES

- Usar diferentes ajustes para la curva psicofísica para lograr predicciones más cercanas al valor del umbral DAP.
- Probar reducción de sal para pan 10% fibra con el DAP que se encontró con fibra al 6%
- Aplicar esta metodología para otros tipos de panes de alto consumo en Costa Rica.
- Estudiar diferentes aditivos que se usan en panificación sobre la percepción del sabor salado.
- Comparar el pan sin fibra reducido en sodio con pan con fibra 6 y 10% de fibra reducido en sodio para fomentar el uso de fibra blanca en panes con menos sodio.
- Estudiar más la fibra blanca como potenciador de sabor.
- Ampliar estudios de uso de fibra blanca en más panes.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (1999). AACC Method 44-15.02. In *AACC International Approved Methods*. AACC International.
- Abdel-Aal, E. S. M., Sosulski, F. W., y Sokhansanj, S. (1996). Bleaching of wheat distillers' grains and its fibre and protein fractions with alkaline hydrogen peroxide. *LWT - Food Science and Technology*, 29(3), 210–216. <https://doi.org/10.1006/fstl.1996.0031>
- Abdul-Hamid, A., y Luan, Y. S. (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68, 15–19. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00145-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00145-4)
- Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*, 80, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.003>
- Avramenko, N. A., Tyler, R. T., Scanlon, M. G., Hucl, P., y Nickerson, M. T. (2017). The chemistry of bread making: The role of salt to ensure optimal functionality of its constituents. In *Food Reviews International* (Vol. 34, Issue 3, pp. 204–225). <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1261296>
- Belitz, H.-D., Grosch, W., y Schieberle, P. (2009). Water. In *Food Chemistry* (4th ed., pp. 1–7). Springer.
- Benavides-Pérez, V. (2017). *Determinación del umbral de referencia del sabor salado en pan blanco de molde y su efecto sobre la calidad durante el almacenamiento* [Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/5973>
- Borchani, C., Masmoudi, M., Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., y Blecker, C. (2011). Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality. *Journal of Texture Studies*, 42, 300–308. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00278.x>
- Boring, E. G. (1942). *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. Appleton-Century-Crofts.
- Bredariol, P., Spatti, M., y Vanin, F. (2019). Different baking conditions may produce breads with

- similar physical qualities but unique starch gelatinization behaviour. *Lwt- Food Science and Technology*, 111(May), 737–743. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.094>
- Brown, D. G. W., Clapperton, J. F., Meilgaard, M. C., y Moll, M. (1978). Flavor Thresholds of Added Substances. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 36(2), 73–80. <https://doi.org/10.1094/asbcj-36-0073>
- Caballero, P. A., Gómez, M., y Rosell, C. M. (2007). Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.007>
- Campbell, L., Euston, S. R., y Ahmed, M. A. (2016). Effect of addition of thermally modified cowpea protein on sensory acceptability and textural properties of wheat bread and sponge cake. *Food Chemistry*, 194, 1230–1237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.002>
- Cappelli, A., Bettaccini, L., y Cini, E. (2020). The kneading process: A systematic review of the effects on dough rheology and resulting bread characteristics, including improvement strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 104(August), 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.008>
- Cappelli, A., y Cini, E. (2021). Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: A systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13052608>
- Cauvain, S. (2015a). Breadmaking Processes. In *Technology of Breadmaking* (3rd ed., pp. 23–55). Springer.
- Cauvain, S. (2015b). Functional Ingredients. In *Technology of Breadmaking* (3rd ed., pp. 57–99). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14687-4>
- Cauvain, S. (2015c). Principles of Dough Formation. In *Technology of Breadmaking* (3rd ed., pp. 303–338). Springer.
- Cauvain, S. (2017). Raw Materials. In *Baking Problems Solved* (2nd ed., pp. 33–144). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100765-5.00002-3>

- Cauvain, S. (2020). The contribution of water to dough formation and bread quality. In *Breadmaking* (3rd ed., pp. 441–464). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102519-2.00015-3>
- Chandrashekar, J., Hoon, M. A., Ryba, N. J. P., y Zuker, C. S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, *444*(7117), 288–294. <https://doi.org/10.1038/nature05401>
- Chopra, L., y Manikanika. (2021). Extraction of cellulosic fibers from the natural resources: A short review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.267>
- Comisión Intersectorial de Guías Alimentarias para Costa Rica. (2007). *Actualización de lineamientos técnicos para la elaboración de las guías alimentarias de la población costarricense*.
https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/actualizacion_lineamientos.pdf
- Cruz-Requena, M., Escobedo-García, S., Salas-Tovar, J. A., Mora-Cura, Y., Chávez-González, M. L., Castillo-Reyes, F., Flores-Gallegos, A. C., y Rodríguez-Herrera, R. (2019). Definitions and regulatory perspectives of dietary fibers. In *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 1–25). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00001-0>
- Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y., y Jeffers, H. C. (1989). Water activity and moisture content of dough and bread. In *Cereal Chemistry* (Vol. 66, Issue 2, pp. 128–132).
- Decreto No. 22029. (1993). *Norma NCR 130: 1993 Pan clasificación. Art. 1. 0 6 de abril de 1993 (Costa Rica). D.O. No.66*.
<http://reventazon.meic.go.cr/informacion/reglamentaciontecnica/22029.pdf>
- Ennis, D. (2013). Tables dor Product Testing Methods. In *Tools and Applications of Sensory and Consumer Science: 52 Technical Report Scenarios Based on Real-Life Problems*.
- Ennis, J. M., y Jesionka, V. (2011). The power of sensory discrimination. *Journal of Sensory Studies*, *26*, 371–382. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00353.x>

- Garimella-Purna, S., Miller, R., Seib, P., Graybosch, R., y Shi, Y.-C. (2011). Volume, texture, and molecular mechanism behind the collapse of bread made with different levels of hard waxy wheat flours. *Journal of Cereal Science*, *54*, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.02.008>
- Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., y Delcour, J. A. (2009). Amylases and bread firming - an integrated view. *Journal of Cereal Science*, *50*(3), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.04.010>
- González, M., y González, V. (2005). FOOD AND NUTRITIONAL ANALYSIS Water and Minerals. In *Encyclopedia of Analytical Science* (2nd ed., pp. 241–250). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00180-1>
- Gould, G. W. (1996). Methods for preservation and extension of shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, *33*, 51–64.
- Gray, J. A., y Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *2*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- Guevara-Villalobos, D., Céspedes-Vindas, C., Flores-Soto, N., Úbeda-Carrasquilla, L., Chinnock, A., Gómez, G., y Grupo ELANS. (2019). Hábitos alimentarios de la población urbana costarricense (Food habits of urban Costa Rican population). *Acta Médica Costarricense*, *61*(4), 152–159.
- Hager, A. S., y Arendt, E. K. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, *32*(1), 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.12.021>
- Helkar, P. B., Sahoo, A., y Patil, N. (2016). Review: Food Industry By-Products used as a Functional Food Ingredients. *International Journal of Waste Resources*, *6*(3). <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000248>

- Hug-Iten, S., Escher, F., y Conde-Petit, B. (2003). Staling of Bread: Role of Amylose and Amylopectin and Influence of Starch-Degrading Enzymes. *Cereal Chemistry Journal*, 80(6), 654–661. <https://doi.org/doi:10.1094/cchem.2003.80.6.654>
- Interfiber. (2018). *Unicell WF 90: Product specification*. <https://interfiber.com/en/products/wheat-fiber>
- Isleroglu, H., Kemerli, T., Sakin-Yilmazer, M., Guven, G., Ozdestan, O., Uren, A., y Kaymak-Ertekin, F. (2012). Effect of Steam Baking on Acrylamide Formation and Browning Kinetics of Cookies. *Journal of Food Science*, 77(10), 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02912.x>
- Keast, R. S. J., y Breslin, P. A. S. (2003). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality and Preference*, 14(2), 111–124. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00110-6)
- Keast, R. S. J., y Roper, J. (2007). A complex relationship among chemical concentration, detection threshold, and suprathreshold intensity of bitter compounds. *Chemical Senses*, 32(3), 245–253. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjl052>
- Kilcast, D., y den Ridder, C. (2007). Sensory issues in reducing salt in food products. In *Reducing Salt in Foods: Practical Strategies* (pp. 201–220). <https://doi.org/10.1533/9781845693046.2.201>
- La Croix, K., Fiala, S., Colonna, A., Durham, C., Morrissey, M., Drum, D., y Kohn, M. (2014). Consumer detection and acceptability of reduced-sodium bread. *Public Health Nutrition*, 18(8), 1412–1418. <https://doi.org/10.1017/S1368980014001748>
- Lawless, H., y Heymann, H. (2010a). Correlation, Regression, and Measures of Association. In *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices*. (2nd ed., pp. 525–533). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lawless, H., y Heymann, H. (2010b). Discrimination Testing. In *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices* (2nd ed., pp. 79–99). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lawless, H., y Heymann, H. (2010c). Measurement of Sensory Thresholds. In *Sensory Evaluation*

- of Food. Principles and Practices*. (2nd ed., pp. 125–145). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lawless, H., y Heymann, H. (2010d). Physiological and Psychological Foundations of Sensory Function. In *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices* (2nd ed., pp. 19–50). Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lawless, H. T., y Heymann, H. (1999). *Sensory Evaluation of Food*. Springer.
- Leandro-Brenes, C. (2019). *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* [Universidad de Costa Rica].
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/10136/1/44264.pdf>
- Liem, D. G., Miremadi, F., y Keast, R. S. J. (2011). Reducing sodium in foods: The effect on flavor. *Nutrients*, 3(6), 694–711. <https://doi.org/10.3390/nu3060694>
- Liu, D., Li, J., Yang, R., Mo, L., Huang, L., Chen, Q., y Chen, K. (2008). Preparation and characteristics of moulded biodegradable cellulose fibers/MPU-20 composites (CFMCs) by steam injection technology. *Carbohydrate Polymers*, 74(2), 290–300.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.02.015>
- Lück, E. (1981). *Conservación química de los alimentos : sustancias, acciones, métodos*. Acribia.
- Lundahl, D. S., Lukes, B. K., McDaniel, M. R., y Henderson, L. A. (1986). a Semi-Ascending Paired Difference Method for Determining Sensory Thresholds of Added Substances To Background Media. *Journal of Sensory Studies*, 1(3–4), 291–306. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1986.tb00179.x>
- Lynch, E. J., Dal Bello, F., Sheehan, E. M., Cashman, K. D., y Arendt, E. K. (2009). Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Research International*, 42(7), 885–891.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.014>
- Magan, N., Aldred, D., y Arroyo, M. (2012). Mold prevention in bread. In *Breadmaking* (3rd ed.,

pp. 541–560). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102519-2.00018-9>

Mahawar, M., Singh, A., y Jalgaonkar, K. (2012). Utility of apple pomace as a substrate for various products: A review. *Food and Bioproducts Processing*, 90, 597–605. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.04.007>

Mancebo, C. M., Martínez, M. M., Merino, C., de la Hera, E., y Gómez, M. (2017). Effect of oil and shortening in rice bread quality: Relationship between dough rheology and quality characteristics. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 597–606. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12270>

Mayo Clinic. (2019). *Fibra alimentaria: esencial para una alimentación saludable*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/fiber/art-20043983>

McBurney, D., y Collings, V. B. (1977). *Sensation and perception*. Prentice Hall Inc.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., y Carr, B. T. (2015a). Attribute Difference Tests How Does Attribute X Differ between Samples? In *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed., pp. 123–151). CRC Press.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., y Carr, B. T. (2015b). Basic Statistical Methods. In *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed., pp. 361–409). CRC Press.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., y Carr, B. T. (2015c). Overall Difference Tests Does a Sensory Difference Exist between Samples? In *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed., pp. 70–122). CRC Press.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., y Carr, B. T. (2015d). Measuring Responses. In *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed., pp. 81–100). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19493-10>

Meter group. (2018). *Aqualab 4 Manual*. http://library.metergroup.com/Manuals/20779_METER_AquaLab4_Manual_Web.pdf

Ministerio de Salud. (2016). *Salud y CACIA firman alianza para reducción de sodio en alimentos*.

<https://www.ministeriodesalud.go.cr/ministeriodesaludbk/index.php/noticias/noticias-2016/886-salud-y-cacia-firman-alianza-para-reduccion-de-sodio-en-alimentos>

Ministerio de Salud. (2020). *Población adulta de Costa Rica consume más del doble del valor de sal recomendado por la OMS*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/centro-de-prensa/noticias/741-noticias-2020/1562-poblacion-adulta-de-costa-rica-consume-mas-del-doble-del-valor-de-sal-recomendado-por-la-oms>

Montero-Campos, M. D. L. Á., Blanco-Metzler, A., y Chan-Chan, V. (2015). Sodio en panes y snacks de mayor consumo en Costa Rica. Contenido basal y verificación del etiquetado nutricional. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 65(1), 36–43.

Mudgil, D., Barak, S., y Khatkar, B. S. (2016). Optimization of bread firmness, specific loaf volume and sensory acceptability of bread with soluble fiber and different water levels. *Journal of Cereal Science*, 70, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.009>

Ni, Q., Ranawana, V., Hayes, H. E., Hayward, N. J., Stead, D., y Raikos, V. (2020). Addition of broad bean hull to wheat flour for the development of high-fiber bread: Effects on physical and nutritional properties. *Foods*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091192>

O'Mahony, M., y Rousseau, B. (2003). Discrimination testing: A few ideas, old and new. *Food Quality and Preference*, 14(2), 157–164. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00109-X)

Okano, S., y Mizutani, R. (1995). Effects of sodium chloride on baking. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 53(6), 377–384. <https://doi.org/https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.53.377>

Panouillé, M., Saint-Eve, A., De Loubens, C., Déléris, I., y Souchon, I. (2011). Understanding of the influence of composition, structure and texture on salty perception in model dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25(4), 716–723. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.08.021>

Plan Nacional de reducción del consumo de sal/sodio en la población de Costa Rica 2011-2021. (2011). *No Title*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politcas-y-planos-en-salud/planos-en-salud/1103-plan->

nacional-para-la-reduccion-del-consumo-de-sal-sodio-en-la-poblacion-de-costa-rica-2011-2021/file

- Ploteau, J. P., Glouannec, P., Nicolas, V., y Magueresse, A. (2015). Experimental investigation of French bread baking under conventional conditions or short infrared emitters. *Applied Thermal Engineering*, 75, 461–467. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.09.034>
- Poran, S., Goburdhun, D., y Ruggoo, A. (2008). Effects of adding cellulose on rheological characteristics of wheat flour dough and on bread quality. *University of Mauritius Research of Journal*, 14, 112–128.
- Quaglia, G. (1991). Los mejorantes. In *Ciencia y tecnología de la panificación* (pp. 163–217). Editorial Acribia.
- Rakha, A., Åman, P., y Andersson, R. (2013). Fibre-enriched and wholegrain breads. In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 211–235). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857095787.3.211>
- Rayas-Duarte, P., y Mulvaney, S. (2012). Bread staling. In *Breadmaking: Improving quality* (2nd ed., pp. 580–596). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857095695.3.580>
- Ribotta, P. D., y Le Bail, A. (2007). Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT - Food Science and Technology*, 40(5), 879–884. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.023>
- Roessler, E. B., Pangborn, R. M., Sidel, J. L., y Stone, H. (1978). Expanded Statistical Tables for Estimating Significance in Paired-preference, Paired-difference, Duo-trio and Triangle Tests. *Journal of Food Science*, 43, 940–943.
- Rosell, C. M. (2011). The Science of Doughs and Bread Quality. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (pp. 3–14). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10001-7>
- Rosell, C. M. (2019). Trends in Science of Doughs and Bread Quality. In *Flour and Breads and their*

Fortification in Health and Disease Prevention (2nd ed., pp. 333–343). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00026-5>

Rosenthal, A. (2001). Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. In *Textura de los alimentos. Medida y percepción* (pp. 1–17). Editorial Acribia.

Ross, A. B., van der Kamp, J. W., King, R., Lê, K. A., Mejbourn, H., Seal, C. J., y Thielecke, F. (2017). Perspective: A definition for whole-grain food products - Recommendations from the Healthgrain Forum. *Advances in Nutrition*, 8(4), 525–531.
<https://doi.org/10.3945/an.116.014001>

Roudot, A.-C. (2004). Perfil de textura. In *Reología y análisis de la textura de los alimentos* (pp. 117–122). Editorial Acribia.

Rowell, R., Pettersen, R., Han, J., Rowell, J., y Tshabala, M. (2005). Cell wall chemistry. In *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites* (pp. 37–72). CRC Press.
<https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.1201/9780203492437>

RTCA 67.01.60:10. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, (2012).

Saranraj, P., y Sivasakthivelan, P. (2015). Microorganisms involved in spoilage of bread and its control measures. In *Bread and its fortification: Nutrition and health benefits*. CRC Press/Taylor Francis Group.

Scherf, K. A., Pflaum, T., Koehler, P., y 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.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.043>

Schirmer, M., Jekle, M., y Becker, T. (2011). Quantification in starch microstructure as a function of baking time. *Procedia Food Science*, 1(1cef 11), 145–152.
<https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.023>

Serna-Saldivar, S. O. (2010). *Cereal grains: properties, processing, and nutritional attributes*. CRC

Press.

- Shah, A. R., Shah, R. K., y Madamwar, D. (2006). Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*. *Bioresource Technology*, 97(16), 2047–2053. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.006>
- Tencio-Valverde, R. (2021). *Determinación del efecto de la cantidad de fibra oscura de trigo sobre la percepción del sabor salado de un pan integral de molde y las características fisicoquímicas del pan reducido en sodio [Tesis de licenciatura no publicada]*. Universidad de Costa Rica.
- Ulate-Castro, E. (2006). *Duodécimo Informe Estado de la Nación en el Desarrollo Humano Sostenible: Principales Tendencias de la situación nutricional de la población de Costa Rica y su atención en el periodo 1996-2006*. <http://hdl.handle.net/20.500.12337/211>
- Vaclavik, V. A., y Christian, E. W. (2014). Baked Products: Batters and Dough. In *Food Science Text Series Essentials of Food Science* (4th ed, pp. 299–319). Springer. <http://www.springer.com/series/5999>
- Vázquez, M. B., Curia, A., y Hough, G. (2009). Sensory descriptive analysis, sensory acceptability and expectation studies on biscuits with reduced added salt and increased fiber. *Journal of Sensory Studies*, 24(4), 498–511. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00223.x>
- Viswanathan, S., Mathur, G. P., Gnyp, A. W., y St. Pierre, C. C. (1983). Application of probability models to odor thresholds determinations. *Atmospheric Environment*, 17(1), 139–143. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0004-6981\(83\)90018-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0004-6981(83)90018-5)
- Wang, J., Rosell, C. M., y Benedito de Barber, C. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. In *Food Chemistry* (Vol. 79, Issue 2, pp. 221–226). [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00135-8)
- Yin, Y., y Walker, C. E. (1995). A quality comparison of breads baked by conventional versus nonconventional ovens: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(3), 283–291. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740670302>

9. ANEXOS

9.1. ANDEVA de las pruebas fisicoquímicas

Cuadro AI. Resultados del ANDEVA realizado a los tres lotes de pan de molde con fibra 6% y 10% reducidos y control

Parámetro	Tiempo			Porcentaje de fibra			Contenido de sal		
	Valor F	Prob.	Potencia	Valor F	Prob.	Potencia	Valor F	Prob.	Potencia
aw	28,81	<0,0001	NA	5,95	0,0276	NA	0,24	0,6326	0,873
Humedad	3,45	0,0829	0,7574	4,81	0,0444	NA	0,87	0,3805	0,7574
Volumen específico	1,05	0,3227	0,895	0,0019	0,9951	0,895	0,00	0,9951	0,895
Dureza	0,04	0,8353	0,4775	2,14	0,1644	0,4775	0,46	0,5091	0,4775
Elasticidad	5,52	0,0329	NA	1,60	0,225	1	0,03	0,8590	1
Cohesividad	76,53	<0,0001	NA	0,92	0,3531	0,99	0,76	0,3983	0,99
Masticabilidad	1,06	0,3194	0,4992	1,92	0,1863	0,4992	0,70	0,4159	0,4992

Cuadro AII. Análisis de interacciones de los resultados del ANDEVA realizado a los tres lotes de pan de molde con fibra 6% y 10% reducidos y control

Parámetro	Tiempo * Sal		Tiempo * Fibra		Sal * Fibra	
	Valor F	Prob.	Valor F	Prob.	Valor F	Prob.
aw	2,1429	0,1639	2,1429	0,1639	2,1429	0,1639
Humedad	0,1409	0,7126	0,1326	0,7209	0,1115	0,7431
Volumen específico	0,0710	0,7935	0,2520	0,6230	0,1524	0,7017
Dureza	1,1710	0,2963	3,6449	0,0756	0,5929	0,4532
Elasticidad	0,0327	0,8590	3,9542	0,0653	0,0327	0,8590
Cohesividad	0,7872	0,3890	0,0381	0,8479	1,0961	0,3117
Masticabilidad	1,0335	0,3255	2,9651	0,1056	0,6133	0,4457

9.2. Especificación de la fibra blanca utilizada en el pan de molde utilizado

Product Specification



UNICELL WF 90

Wheat fiber Unicell WF 90 is concentrated, natural wheat fiber of white to off-white color and neutral taste and flavor.

Usage of technologically advanced methods of selecting, crushing and fibers' fractionation in production process, ensure the achievement of a product of the highest quality and utility.

Sensory Properties	
Appearance	White to off-white powder
Consistency	Loose
Taste	Neutral
Odor	Neutral
Sensory sensations	Smooth delicate powder, odorless and tasteless
Physic - chemical analysis	
Content of dietary fiber of which: - soluble dietary fiber	min 96% in dry mass max 1%
Ash	max 3.0%
Loss on drying	max 8%
pH value (10% suspension)	5-8
Gluten content	Absent
Loose bulk density	180 – 230 g/l
Microbiological analysis	
Standard plate count	≤ 10000 cfu/g
Yeasts and moulds	≤ 200 cfu/g
Salmonella	Absent in 25 g
E.coli	Absent in 25 g

Heavy metals	
Pb (Lead)	≤ 2 ppm
Cd (Cadmium)	≤ 1 ppm
Hg (Mercury)	≤ 1 ppm
As (Arsenic)	≤ 1 ppm
Sieve analysis	
> 32 µm	max 45%
> 100 µm	max 5%
Nutrition information per 100 g (CFR Title 21)	
Calories	5 kcal
Total Fat	0 g
Saturated Fat	0 g
Trans Fat	0 g
Cholesterol	0 g
Sodium	370 mg
Total Carbohydrate	95 g
Dietary Fiber	94 g
Sugars	0 g
Added sugars	0 g
Protein	0 g

9.3. Hoja con instrucciones utilizadas en los paneles sensoriales

9.3.1. Hoja con instrucciones utilizada en el panel para la determinación de la DAP para pan de molde con fibra 6 % y 10%

Seguir por favor las instrucciones indicadas a lo largo de la hoja y dentro de cada recuadro.

PRIMER PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



156 495

*****ESPERAR UN MINUTO ANTES DE PROBAR EL SIGUIENTE PAR*****

SEGUNDO PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



951 380

*****ESPERAR UN MINUTO ANTES DE PROBAR EL SIGUIENTE PAR*****

TERCER PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



285 322

*****ESPERAR UN MINUTO ANTES DE PROBAR EL SIGUIENTE PAR*****

CUARTO PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



730



129

*******ESPERAR UN MINUTO ANTES DE PROBAR EL SIGUIENTE PAR*******

QUINTO PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



264



431

*******ESPERAR UN MINUTO ANTES DE PROBAR EL SIGUIENTE PAR*******

SEXTO PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



678



515

¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN! ¡ESPERO DISFRUTE SU PREMIO!

9.3.2. Hoja con instrucciones utilizada en el panel de validación para pan de molde con fibra 6 % y 10%

Seguir por favor las instrucciones indicadas a lo largo de la hoja y dentro de cada recuadro.

PRIMER PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



633 170

*****ESPERAR UN MINUTO ANTES DE PROBAR EL SIGUIENTE PAR*****

SEGUNDO PAR A PROBAR. ENCERRAR LA MUESTRA QUE SINTIÓ MÁS SALADA:



266 592

¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN! ¡ESPERO DISFRUTE SU PREMIO!