



# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA Y ALIMENTOS

ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍA E  
INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

TESINA

“ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN  
ADICIONADO CON INULINA”

PRESENTA

QFB. MARÍA EUGENIA GUERRERO NAVARRO

DIRECTORA DE TESINA

D.C. ADDI RHODE NAVARRO CRUZ

OCTUBRE 2014

# ÍNDICE

---

## RESUMEN

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	2
<b>3. OBJETIVOS</b>	
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Particulares	3
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
4.1. Historia	4
4.2. Cereales	4
4.2.1. Trigo	5
4.2.1.1. Estructura del grano de trigo	6
4.3. Definición del pan	7
4.3.1. Estructura básica de la masa	8
4.3.2. Elementos estructurales de la masa	8
4.4. Ingredientes para preparar el pan	10
4.4.1. Harina	10
4.4.2. Levadura	11
4.4.3. Azúcar	14
4.4.4. Sal	14
4.4.5. Líquidos	15
4.4.6. Grasas	16
4.5. Proceso de panificación	17
4.5.1. Mezclado	17

4.5.2. Amasado	17
4.5.3. Fermentación	19
4.5.4. Horneado	21
4.5.5. Enfriamiento	23
4.5.6. Envejecimiento	23
4.6. Calidad y sabor del pan	24
4.7. Valor nutritivo del pan	25
4.8. Alimentos funcionales	25
4.8.1. Fibra dietética	27
4.9. Prebióticos	30
4.9.1. Inulina	30
<b>5. DIAGRAMA DE TRABAJO</b>	<b>32</b>
<b>6. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>33</b>
<b>7. DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>	
7.1. Elaboración del pan de sal adicionado con inulina	34
7.2. Análisis sensorial	36
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
8.1. Encuestas sobre gustos y preferencias respecto al pan	37
8.2. Evaluación sensorial del pan adicionado con 5% de inulina	42
8.3. Análisis proximal del pan adicionado con 5% de inulina	44
8.4. Análisis microbiológico del pan adicionado con 5% de inulina	45
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>10. SUGERENCIAS</b>	<b>48</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>49</b>
<b>12. ANEXOS</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Análisis químico proximal	33
Tabla 2. Análisis microbiológico	33
Tabla 3. Análisis sensorial	33
Tabla 4. Fórmula original para elaborar pan de sal	35
Tabla 5. Formulación para elaborar el pan de sal adicionado con inulina a distintas concentraciones	35
Tabla 6. Evaluación sensorial del pan adicionado con 5% de inulina	42
Tabla 7. Análisis proximal del pan de sal adicionado con 5% de inulina	44
Tabla 8. Análisis microbiológico del pan de sal adicionado con 5% de inulina	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Edad de las personas que respondieron a las encuestas	37
Figura 2. Porcentaje de hombres y mujeres que respondieron las encuestas	37
Figura 3. Consumo de pan entre las personas del estudio	38
Figura 4. Consumo de unidades de pan consumidas/día	38
Figura 5. Tipo de pan de preferencia entre las personas encuestadas	39
Figura 6. Importancia del consumo del pan entre las personas encuestadas	39
Figura 7. Importancia del sabor en el momento de la compra de pan	40
Figura 8. Consideración del pan como complemento nutricional	40
Figura 9. Personas que probablemente comprarían el pan si su precio incrementara	41
Figura 10. Pan de sal adicionado con 5% de inulina	43
Figura 11. Miga del pan adicionado con 5% de inulina	44

## RESUMEN

El pan es un alimento básico de la dieta, en él, los consumidores buscan efectos beneficiosos adicionales para la salud. El pan de cada día constituye la fuente principal de fibra en la dieta. En esta investigación se desarrolló un producto de panificación, se eligió a través de encuestas realizadas a 50 personas, así se determinó el pan de sal como el preferido entre los consumidores, se le añadió 5% de inulina como aporte de fibra dietética y fuente prebiótica. Se realizó un análisis de composición proximal que incluyó: humedad, proteínas, grasas, fibra cruda, cenizas y carbohidratos, a fin de determinar el aporte de nutrientes para el consumidor. Se realizó una evaluación sensorial para determinar el grado de aceptación entre los consumidores. Se realizó un análisis microbiológico con la finalidad de garantizar un producto inocuo.

Como resultados de las encuestas se obtuvo que las personas consumen pan en un 90%, el 78% de ellas consumen de 1-2 unidades de pan al día, siendo la torta con un 33% el pan de mayor preferencia, el consumo de pan suele ser secundario en un 72%, y el sabor es extremadamente importante para el 40% de las personas, la opinión del pan como complemento nutricional entre los encuestados es bueno en un 36%, en los resultados de la evaluación sensorial, se obtuvieron calificaciones en general cercanas a 4 (me gusta).

En el análisis proximal: la humedad se encuentra dentro del rango indicado en la Norma, para los parámetros de proteína y grasa sobrepasa el porcentaje mínimo referido en la misma. Es importante resaltar que el pan de sal elaborado se encuentra por debajo de los límites microbiológicos establecidos por la Norma de referencia lo que indica las buenas prácticas de manufactura y lo hace un producto seguro para su consumo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La conciencia de los consumidores acerca de la importancia de tener un sistema digestivo saludable ha aumentado significativamente en los últimos cinco años. Esto es, en gran medida atribuible al éxito de los productos lácteos probióticos en todo el mundo. Los productos, junto con el gasto en marketing de los fabricantes, han contribuido a la aceptación y la comprensión del término «bacterias benéficas». No obstante, dado que los probióticos no pueden añadirse fácilmente a los productos horneados, a los fabricantes de panificación les ha resultado difícil aprovechar esta oportunidad. Sin embargo, una solución podría darse a través de ingredientes prebióticos, tales como la inulina. Estos ingredientes pueden añadirse al pan y a otros productos horneados, y ofrecen la posibilidad de aprovechar la tendencia actual a la elaboración de productos que mejoran la salud digestiva (Taranto *et al.* 2005).

El pan es uno de los alimentos más básicos de la dieta y un producto clave en el que los consumidores buscan efectos beneficiosos adicionales para la salud. Para muchos, el pan de cada día constituye la fuente principal de fibra en la dieta. La gente es muy consciente de la importancia que tiene el consumo de una cantidad suficiente de fibra. Pero la conciencia de ahora acerca de las bacterias buenas y malas en el intestino permite renovar este efecto beneficioso mediante un mensaje que se centra en el mantenimiento de la salud digestiva. El pan constituye un vehículo ideal para transmitir este mensaje de salud, a medida que los consumidores estén más informados acerca de los efectos beneficiosos de los prebióticos y estén más interesados por el mantenimiento de una dieta saludable, el mercado del pan funcional seguirá creciendo (Sheasby, 2004; Astiasarán, 2003)

Adicionalmente a lo antes comentado, una reciente investigación sobre fibra, indica que la adición de inulina al pan blanco no sólo aumenta su calidad nutricional, sino que también acelera la cocción y la reacción de Maillard (Miguel, 2009).

## 2. JUSTIFICACIÓN

Cada vez son más las personas que se interesan por una alimentación sana y equilibrada. Por este motivo los denominados alimentos funcionales, es decir, aquéllos destinados a estimular la salud, poseen un creciente número de adeptos.

El pan representa una parte importante de nuestra dieta diaria, y es uno de los alimentos básicos, los consumidores relacionan el pan con la buena salud y bienestar. Esto se debe más que a ser una pura fuente de energía, se le aprecia por sus nutrientes básicos como la fibra y minerales.

La inulina puede convertirse en uno de los ingredientes funcionales de mejor resultado para el pan. Porque se ha demostrado que una ingestión regular de inulina y oligofructosa produce una reacción positiva en la composición de flora intestinal, estimulan el crecimiento y la actividad de las bifidobacterias sanas, y al mismo tiempo eliminan las bacterias no deseadas.

Por consiguiente se pretende elaborar un producto de panificación adicionado con inulina, que pueda aportar los beneficios que tiene, a las personas que lo consuman.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Elaborar un producto de panificación (pan de sal) adicionado con inulina.

#### **3.2. Objetivos Particulares**

- Determinar el tipo de producto de panificación más consumido y de mayor aceptación por las personas a través de una encuesta.
- Utilizar inulina para la elaboración del producto de panificación de mayor aceptación y preferencia entre las personas.
- Determinar la aceptación del producto elaborado por medio de una evaluación sensorial.
- Evaluar química y microbiológicamente el producto terminado.

## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Historia**

El pan puede considerarse como el primer alimento natural de la humanidad. No es posible hablar de la historia de la humanidad sin referirse al pan y al trigo. Y, aunque consta que el hombre ya utilizaba el trigo para alimentarse hace más de 11,000 años, los primeros panes se hallan en el Neolítico y tienen entre 6,000 y 9,000 años (Hernández, 2010).

El pan se utilizaba mucho en los cultos religiosos y era un alimento popular entre las clases dominantes. Los hebreos son los descubridores de los buenos efectos que tiene la masa del día anterior en los panes y podemos determinar que este es el comienzo de la levadura natural. Griegos y después romanos trabajan la cocción con hornos. Convirtiéndose el trabajo de panadería en un arte que llegará a ser símbolo del avance natural. A principios del siglo XIX comienza a regularse la comercialización y venta de pan. Con la aparición de la revolución industrial, la molinería avanza gracias a la introducción de los cilindros como sistema molturador y la panadería comienza a emplear amasadoras, refinadoras y hornos de gas de cocción continua (Calaveras, 2004).

En el año 1990 comienzan las nuevas tecnologías panaderas llevando a los mercados el pan congelado y precocido que en solo cuatro años alcanza ya un 7% del mercado siendo un avance continuo. Así mismo se desarrollan en España las industrias especializadas en bollería congelada (Calaveras, 2004).

### **4.2. Cereales**

Un cereal es una gramínea cultivada, tal como trigo, maíz, arroz y avena, que produce un grano comestible (fruto o semilla). El término cereal engloba a todos los productos derivados de cereales preparados a partir de granos, incluyendo la harina molida y pasta. Dependiendo de la composición, los cultivos de cereales pueden ser procesados en varios productos tales como:

- Pan, usando harina o mezcla de varios granos
- Cereales, variedades de cereales de desayuno cocidos o listos para comer

- Pasta, una pasta seca hecha de varias harinas
- Almidón, a partir del componente amiláceo del endospermo (Vaclavik, 2002).

#### 4.2.1. Trigo

Es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*, familia de las gramíneas, y su cultivo se ha extendido por todo el mundo. La palabra <trigo> proviene del vocablo latino *Triticum*, que significa “quebrado”, “triturado” o “trillado”, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre. Con el término trigo se designa tanto a la planta como a las semillas comestibles (Edel *et al.* 2007).

El grano de trigo, sigue siendo uno de los granos más extensamente cultivados en el mundo, es el grano de cereal más importante y más consumido en la dieta de E.U.A. Es también el cereal más importante en la producción de harina para hacer pan (Edel *et al.* 2007; Kirk *et al.* 2004; Vaclavik, 2002).

El trigo se clasifica en función de la estación en que se planta, la textura (duro o blando) y el color (rojo, blanco, ámbar). El trigo de invierno se planta en estaciones frías (otoño, invierno) y se cosecha en junio o julio. El que se siembra en primavera, o trigo de primavera, se cosecha al final del verano o en otoño. Se clasifica de acuerdo con su textura: duro o blando. Las cariósides del trigo duro tienen enlaces fuertes, la cariósida está fuertemente empaquetada y hay espacios de aire mínimos. La harina de trigo duro forma masas elásticas debido a su alto contenido de proteína formadora de gluten. Es la mejor para elaborar el pan. El trigo duro de primavera tiene 12-18% de proteína y el trigo duro de invierno tiene 10-15% proteína. El trigo blando tiene menos proteína (8-11%) y la harina de trigo blando es adecuada para pasteles y pastas. El trigo se clasifica de acuerdo con su color, rojo o blanco, dependiendo de la presencia de pigmentos, como carotenoides (Vaclavik, 2002).

El grano de trigo tiene la siguiente composición promedio: endospermo 85%, salvado 12.5%, germen 2.5%. Sin embargo, la composición de la harina de

trigo varía considerablemente de acuerdo con la clase de trigo, a su país de origen o la porción de partes externas eliminadas por el proceso particular de molienda (Kirk *et al.* 2004).

En el trigo, la porción entre gliadinas y gluteninas es 2:3, aproximadamente. Ambas fracciones, en su forma hidratada tienen efectos diferentes sobre las características reológicas de la masa: las prolaminas son responsables sobre todo de la viscosidad, mientras que las glutelinas lo son de la elasticidad de la masa panaria (Astiasarán, 2003).

La harina de trigo difiere de otras harinas en que contiene una porción considerable de gluten, por lo que resulta especialmente adecuada para la elaboración del pan. La composición del gluten presente tiene relación con la propiedades de “fuerza” y retención de agua de la harina (Kirk *et al.* 2004).

La harina de trigo duro tiene un mayor potencial formador de gluten que la harina de trigo blando y, por tanto, es deseable para la producción de panes con levadura donde la estructura de la masa debe ser capaz de expansión sin rotura mientras el CO<sub>2</sub> es producido lentamente por la levadura (Vaclavik, 2002).

#### **4.2.1.1. Estructura del grano de trigo**

El grano de trigo tiene aproximadamente un centímetro de largo y medio centímetro de ancho. Es oviforme con una profunda fisura o surco que corre a lo largo de uno de los dos lados y en uno de los dos extremos varios pelos, conocidos como barba. La cariósida del grano está compuesta de tres partes: el germen, el endospermo y el salvado (Fox, 2006; Vaclavik, 2002).

El salvado es la cubierta externa de la cariósida constituido por la capa externa del pericarpio y una capa interna que incluye la cubierta de la semilla, que ofrece protección a la semilla, constituye cerca del 15% de todo el grano de trigo. Contiene una elevada proporción de vitamina B, el 19% de proteína, 3-5% de lípidos y alrededor del 50% de los elementos minerales (tales como hierro) presentes en el grano. Tiene un alto contenido en fibra, proporcionando la celulosa y hemicelulosa volumen o “materia fibrosa” a la dieta, la cual es indigerible por los humanos (Fox, 2006; Vaclavik, 2002).

El germen, es la parte interna de la cariósida, que está situado en la base del grano, es la verdadera semilla o embrión y constituye alrededor del 2.5% del grano entero. Es el componente de la semilla con el porcentaje más alto de lípidos, conteniendo 6-10% de lípidos, los ácidos grasos combinados presentes en las grasas son en su mayor parte ácidos grasos esenciales, presenta aproximadamente el 8% de las proteínas de la cariósida, vitaminas del grupo B, vitamina E, hierro y la mayoría de la tiamina presente en el grano (Fox, 2006; Vaclavik, 2002).

El endospermo es principalmente almidón, mantenido por una matriz proteica y sirve como reserva de alimentos para el germen. Constituye aproximadamente el 83% del grano de trigo. Es el componente de la semilla que más pobre es en grasa, conteniendo hasta 1.5% de los lípidos de la semilla, y es más pobre en fibra que el salvado. El endospermo es una fuente de harina blanca y aproximadamente 70-75% de la proteína de la cariósida. Si se elimina parte de la cariósida en la molturación, el producto es refinado. La relación almidón y proteína difiere entre las variedades del grano (Fox, 2006; Vaclavik, 2002).

#### **4.3. Definición de pan**

La obtención del pan deriva de la necesidad de presentar las harinas de los cereales de forma atractiva, digerible y apetitosa. Pan, designa el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de cuyos principales ingredientes son la harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando estos ingredientes se mezclan en proporciones correctas se inician dos procesos:

- La proteína de la harina se hidrata formando el gluten, que tiene propiedades elásticas.
- La acción de las enzimas de la levadura sobre los azúcares produce gas carbónico (Calaveras, 2004; Astiasarán, 2003).

Tiene una estructura de panal y puede ser considerado como una espuma sólida con una multitud de bolsas de dióxido de carbono distribuidas uniformemente en todo el volumen (Fox, 2006).

#### **4.3.1. Estructura básica de la masa**

La estructura de la masa se compone de tres elementos fundamentales: el agua, las proteínas del gluten y los gránulos de almidón de su harina. El pan es ligero y blando gracias a que su masa compuesta de proteína y almidón contiene millones de burbujas minúsculas. La masa contiene más harina que agua y tiene la consistencia suficiente para trabajarla a mano. Toda su agua es absorbida por las proteínas del gluten y las superficies de los gránulos de almidón que están alojados en el interior de la fase semisólida compuesta por el gluten y el agua (Mc Gee, 2007).

La estructura de toda masa es temporal. Cuando se cuecen, los gránulos de almidón absorben agua, se hinchan y crean una estructura permanentemente sólida a partir de originalmente semisólida o líquida. En el caso del pan esa estructura sólida es como una red esponjosa compuesta de almidón y proteína rellena de millones de burbujas microscópicas que los panaderos denominan miga. La superficie exterior, cuya textura es generalmente más densa y seca, se denomina corteza (Mc Gee, 2007).

#### **4.3.2. Elementos estructurales de la masa**

##### **Gluten**

El gluten es una proteína que tiene la función de endurecer y ligar la masa cuando se hornea. Es definido como un gel formado por las proteínas de almacenamiento del grano de trigo cuando se trabaja mecánicamente una mezcla de harina y agua (Edel *et al.* 2007; Sheasby, 2004).

Las proteínas elásticas que integran el gluten son esenciales para la elaboración del pan leudado y ello pese a que sólo suponen el 10% del peso de la harina, se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano; durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en el cual se encuentra embebido el almidón. Las interacciones de tipo covalentes y no covalentes entre los polipéptidos más grandes que forman la masa producen una matriz elástica y extensible (Edel *et al.* 2007; Mc Gee, 2007).

La mayoría de las proteínas del gluten llamadas gliadina y glutenina, son cadenas de alrededor de 1000 aminoácidos de longitud. Las cadenas de gliadina se doblan sobre sí mismas para formar una masa compacta, sólo establecen enlaces débiles entre ellas y con las proteínas de la glutenina. Las gluteninas, a su vez, establecen entre sí múltiples enlaces, forman entre sí una red compacta y extensa. Son proteínas insolubles que cuando son hidratadas por los ingredientes líquidos y se manipulan forman gluten. Las proteínas se agregan y forman puentes disulfuro, produciendo el gluten o una matriz proteica que se desnaturaliza, posteriormente se coagula en el horneado. Los panes con levadura, requieren el desarrollo del gluten intenso para crear una estructura fuerte y extensible (Mc Gee, 2007; Vaclavik, 2002).

El gluten es una mezcla compleja de determinadas proteínas del trigo que, si bien son insolubles en el agua, se adhieren a las moléculas de agua y entre sí. Cuando las proteínas están secas, permanecen inmóviles e inertes, pero cuando se mojan con agua, cambian de forma, se acercan unas a otras y establecen enlaces entre ellas (Mc Gee, 2007).

El gluten de la harina de trigo se caracteriza por su elasticidad y plasticidad; es decir, cambia de forma al presionarla pero ofrece resistencia y recupera su forma original cuando se deja de hacer presión. Gracias a esas dos propiedades, aunque la masa de harina de trigo pueda expandirse a medida que la levadura va generando dióxido de carbono en su interior, ofrece la suficiente resistencia para que las paredes de las burbujas no se adelgacen hasta el punto de romperse (Mc Gee, 2007).

La elasticidad resulta de la estructura espiral y enrollada que poseen las proteínas del gluten interconectadas. El amasado desenrolla y alinea las moléculas de proteína, aunque a lo largo de ellas siempre quedan pliegues y dobleces. Al estirar la masa se enderezan esos pliegues y dobleces, pero cuando deja de ejercer la tracción, las moléculas tienden a recuperar la forma original (Mc Gee, 2007).

Otra característica importante de las masas de harina de trigo es que su elasticidad se relaja con el tiempo. En una masa bien desarrollada, las moléculas de proteína se han organizado y alineado, estableciendo entre ellas

numerosos enlaces que, aunque débiles, son tantos que mantienen las proteínas fijas en su lugar y les confieren elasticidad (Mc Gee, 2007).

## **Almidón**

El almidón es capaz de contribuir algo a la estructura de una masa, ya que se gelatiniza y hace más rígida la miga. Es también una fuente de azúcar fermentable sobre la que actúan las levaduras produciendo CO<sub>2</sub> para el esponjamiento. Los gránulos de almidón cumplen múltiples funciones en la masa: junto con el agua que retienen en su superficie forman más de la mitad del volumen de la masa, impregnan la red de gluten y la revientan, ablandándola de este modo (Mc Gee, 2007; Vaclavik, 2002).

Durante la cocción del pan, los gránulos del almidón absorben agua, se hinchan y se agrupan para formar la capa rígida que sirve de pared a las burbujas de dióxido de carbono. Además, una vez formadas éstas, la rigidez de las paredes detiene su crecimiento y con ello se obliga al vapor que alojan las burbujas en su interior a buscar una salida; al reventarlas, la espuma compuesta por burbujas aisladas se convierte en una masa esponjosa formada por una red continua de galerías interconectadas (Mc Gee, 2007).

Las burbujas de gas confieren ligereza y blandura a la masa de harina con levadura. Las burbujas de gas interrumpen la continuidad de la red de gránulos de gluten y almidón, dividiéndola en millones de laminillas extremadamente finas y delicadas que forman las paredes de las burbujas. Así pues, ese aire que se incorpora inicialmente a la masa influye decisivamente en la textura final de los productos que salen del horno. Cuantas más burbujas se produzcan durante la preparación de una masa tanto más fino y blando será el resultado (Mc Gee, 2007).

## **4.4. Ingredientes básicos para preparar el pan**

### **4.4.1. Harina**

*Definición de harina.* Es el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. La harina proporciona la estructura a los productos debido a su proteína, y en



menor grado a los componentes amiláceos. La harina de trigo duro tiene un alto potencial de formación de gluten que es importante en la expansión de las masas con levaduras (Calaveras, 2004; Vaclavik, 2002).

Los panes con levadura están hechos con harina fuerte, como la harina panificable, que contiene suficiente proteína (gliadinas y gluteninas) para el desarrollo de una estructura glutínica coagulada. Se requiere un adecuado desarrollo del gluten y adecuada viscoelasticidad para retener el CO<sub>2</sub> desarrollado en la fermentación de las levaduras. El componente amiláceo contribuye a la estructura cuando es gelatinizado, y también es convertido en azúcar, lo que proporciona nutrientes a las levaduras (Vaclavik, 2002).

La harina de trigo debe ser suave al tacto, al cogerla con la mano debe tener cuerpo, pero sin formar un conglomerado. Por lo tanto, una buena harina debe ser:

- Con color blanco-amarillento
- No debe tener mohos
- No debe tener olores anormales
- Que sea suave al tacto
- Que no tenga acidez, amargor o dulzor (Calaveras, 2004).

La harina de fuerza tiene un elevado contenido en gluten, el cual hace que se extienda la masa y atrape el aire mientras se produce la cocción, de modo que se obtiene pan bien formado, con buen levado y una textura ligera y abierta (Sheasby, 2004).

#### **4.4.2. Levadura**

Las levaduras son un grupo de hongos unicelulares microscópicos, una especie en particular, *Saccharomyces cerevisiae* (cuyo nombre significa “hongo del azúcar de la cerveza”) se destina al doble fin de producir cerveza y pan. Se considera a la levadura como el componente biológico que se añade a la masa para lograr su esponjosidad. La levadura fresca está viva, pero inactiva y tan sólo se activa al mezclarla con un líquido caliente, como el agua o la leche. La levadura seca está inactiva y permanece en este estado hasta que se activa durante el proceso de fermentación (Mc Gee, 2007; Calaveras, 2004).

La levadura es un ingrediente básico en la preparación del pan, que llena la masa con burbujas de aire, lo que reduce la cantidad de materia sólida por unidad de volumen. Así pues, hacen que el pan sea menos denso, más ligero y blando. Se trata de un organismo vivo que requiere alimento y humedad para crecer y sobrevivir (Mc Gee, 2007; Sheasby, 2004).

### **Saccharomyces cerevisiae**

Esta levadura se caracteriza por su morfología, por una forma de reproducirse y por ser facultativas, es decir, por ser causantes de la fermentación. La levadura denominada *Saccharomyces cerevisiae*, tiene como todo ser vivo una temperatura óptima entre 28°C y 35°C, que es cuando las células presentan el máximo crecimiento y donde mayor cantidad de gas produce. Además de producir el gas dióxido de carbono que esponja la masa, las levaduras liberan una serie de sustancias químicas que afectan a la consistencia de la masa. El efecto global es que fortalece el gluten y mejora su elasticidad. A -30°C la levadura muere por frío y por calor a los 55°C teniendo una paralización de actividad a los 4°C (Mc Gee, 2007; Calaveras, 2004).

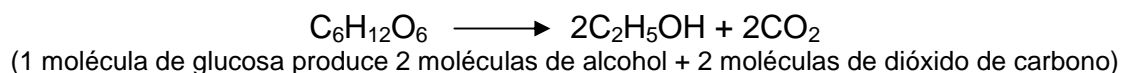
### **Morfología**

Sus células son semejantes a todas las células vegetales. Su estudio de composición revela que las proteínas (más del 50% de la sustancia seca) se albergan en su citoplasma. En él se encuentran las enzimas de las que depende la fermentación. Los materiales de reserva y los hidratos de carbono, se albergan en las vacuolas y representan un 37%. El resto son sustancias minoritarias, como minerales, que no supone ni el 10% de los que se destacan la poca grasa (fosfolípidos, y ésteres, principalmente) que en el conjunto de la célula no supone más del 2% (Calaveras, 2004).

Lo característico de las células es que se presentan de forma aislada y, por lo tanto, no se agrupan en el típico aspecto micelar. Tienen formas muy variadas, pueden ser alargadas, o redondeadas, con anchos de 1 a 5 milésimas de milímetro y largos entre 5 y 30 milésimas de milímetro (Calaveras, 2004).

## Metabolismo

Las levaduras metabolizan los azúcares y más tarde el almidón de la harina para obtener energía, como subproductos de ese metabolismo, gracias a la enzima llamada zimasa, producen el gas dióxido de carbono y alcohol, que provoca que la masa leve. La fórmula de la conversión que tiene lugar en las células de levadura es:



En la elaboración del pan, tanto el dióxido de carbono como el alcohol quedan atrapados en el interior de la masa hasta que el calor de la cocción fuerza su salida. En una masa sin azúcar, las levaduras se alimentan de los azúcares monosacáridos glucosa, fructosa y de la maltosa, un disacárido compuesto por dos moléculas de glucosa, que las enzimas de la harina producen a partir de los gránulos de almidón rotos. Si se añade una pequeña cantidad de azúcar a la masa aumentará la actividad de la levadura, pero disminuirá si la cantidad es mucha (Mc Gee, 2007; Calaveras, 2004; Sheasby, 2004).

En función de las levaduras principalmente la levadura tiene tres efectos:

1. Transformación de la masa, pasando de ser un cuerpo poco activo a ser un cuerpo fermentativo, donde se desarrollan las reacciones químicas y fisicoquímicas más activas. Produciendo un aumento de energía que equivale a 27 calorías por molécula de azúcar.
2. Desarrolla parte del aroma mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de la panificación y éteres.
3. Quizá la función más importante es la acción de subida de la masa, debido a la producción de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etanol (Calaveras, 2004).

## Desarrollo fermentativo

Una levadura de calidad debe tener una fuerza fermentativa suficiente para que, a su vez, la red proteica de la masa pueda retener la mayor cantidad de gas posible. Todo ello dará el volumen del pan durante la fermentación, la cual tiene tres procesos:

- Consumo muy rápido de los azúcares, libres (glucosa/fructosa) existentes en la harina, que comienza desde el momento del contacto de la levadura con la harina.
- Consumo lento de los azúcares que se han producido por la degradación del almidón, es un proceso que tarda bastante tiempo.
- Última fermentación que se da en el horno, hasta que la masa adquiere la temperatura de 55°C, a la que mueren las levaduras. Es el último impulso de la masa, aumentando su volumen hasta que se cristaliza el almidón y se carameliza la corteza, formando la última estructura del pan (Calaveras, 2004).

#### **4.4.3. Azúcar**

El azúcar ayuda a alimentar la levadura, a hacerla más activa y potencia el crecimiento para que la fermentación tenga lugar en el menos tiempo posible. El azúcar actúa para dar color tostado a la corteza de los panes con levadura por la reacción de pardeamiento de Maillard. Ayuda a retrasar el proceso de endurecimiento del pan horneado, ya que conserva la humedad (Vaclavik, 2002; Sheasby, 2004).

Además de contribuir al flavor, el azúcar aumenta la temperatura a la que gelatiniza el almidón y las proteínas de la harina, permitiendo que las proteínas se expandan y se produzca esponjamiento y aumento de volumen. Grandes cantidades de azúcar (más del 10% en peso) en una masa deshidratan las células de la levadura y reducen el volumen de la masa. La masa requiere más amasado y tiempo de impulsión debido al efecto osmótico del azúcar. En exceso, el azúcar puede ocasionar que la masa leve demasiado y se derrumbe ocasionando una reducción de volumen (Vaclavik, 2002).

#### **4.4.4. Sal**

La sal es un ingrediente que se añade para mejorar el sabor del pan y para controlar el desarrollo del gluten, es un componente necesario de los panes leudados porque retrasa la acción de la levadura, por lo que no se debe añadir demasiada cantidad ni debe incorporarse directamente a la levadura. La sal facilita que la masa leve de forma controlada y uniforme, de modo que se

obtenga un pan perfectamente levado y homogéneo. Deshidrata las células de levadura, controla su crecimiento y la producción de CO<sub>2</sub> así se dilata suficientemente sin romperse. Si se utiliza muy poca sal, el pan se endurece más rápidamente, pero si se emplea demasiada, la corteza quedará excesivamente endurecida. La ausencia de sal en una masa de pan con levadura permite el rápido desarrollo de esta y un rápido esponjamiento. Esto produce una estructura extremadamente porosa, colapsable cuando el gluten se extiende demasiado y se rompe (Sheasby, 2004; Vaclavik, 2002).

La dosis recomendada oscila entre 18g/120g por cada kilo de harina. Como la utilización en exceso frena la acción de las levaduras siempre es aconsejable separarla al añadir al amasado. Así mismo la falta de sal producirá:

- Panes insípidos.
- Fermentaciones muy rápidas con panes de excesivo volumen y corteza muy fina, pero a su vez durante la fermentación, hay una tendencia a debilitarse y son piezas que hay que trabajar con cuidado.
- Masas pegajosas y muy blandas durante el amasado, lo que no ayuda a dar firmeza al pan.
- Producirá un pan con corteza descolorida (Calaveras, 2004).

De igual manera añadir la dosis correcta de sal producirá:

- Sabor al pan.
- Favorece la absorción de agua.
- Aumenta la conservación del pan ya que lo mantiene más tiempo fresco debido al aumento de agua en las proteínas, que favorece su incorporación.
- Si las fermentaciones son largas conviene subir la dosis de sal con el fin de desarrollar poco la fermentación en los primeros momentos de reposo (Calaveras, 2004).

Una de sus características ya antes dicha es potenciar el sabor pero se debe aclarar que en muchos casos lo que se busca no es potenciar el sabor propio de la sal, sino ayudar a potenciar sabores de otras materias primas en la masa (Calaveras, 2004).

#### **4.4.5. Líquidos**

Son el solvente para la disolución de muchos ingredientes de las preparaciones como sal, azúcar, levadura, el líquido es necesario para hidratar las proteínas de la harina, almidón y células de levadura. La hidratación de las gliadinas y gluteninas es necesaria para la formación de gluten; la hidratación del almidón es necesaria para la gelatinización. El agua permite que las células de levadura comiencen a desarrollarse (o se produzca gemación) (Vaclavik, 2002).

La temperatura del líquido empleado es de gran importancia, ya que es el único factor con el cual se puede alterar la temperatura de la masa. Debe estar caliente (tibio) o caliente al tacto (38°C); si está demasiado caliente, puede destruir la levadura y si está demasiado frío puede retrasar la acción de la misma. El agua moja la red de proteínas, modificando sus uniones y facilitando que los estratos proteicos se deshagan. Normalmente se suele decir que el agua constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se vaya a emplear. Tiene una función nutritiva para la levadura (Calaveras, 2004; Sheasby, 2004).

Si se añade poca agua, la masa desarrolla mal en el horno, mientras que un exceso hace que la masa resulte pegajosa y se afloje quedando el pan aplanado (Calaveras, 2004).

#### **4.4.6. Grasas**

El código alimentario los define como aquellos productos cuyo componente mayoritario es la materia grasa de origen animal, vegetal o sus mezclas, que tienen como constituyentes principales los glicéridos de los ácidos grasos (Calaveras, 2004).

Las grasas y aceites hacen más blandos los productos horneados recubriendo las proteínas de la harina en la masa y físicamente interfieren con el desarrollo de la estructura de la proteína. La acción de agregar grasa o aceite a una masa es debilitar su estructura y con ello obtener un producto final más blando y laminado. "Acortan" controlando la longitud de las fibras de gluten; crean capas masa; e incorporan aire, con lo que aumentan su volumen, aumentan la extensibilidad de la masa, produce cortezas más finas. Las grasas y aceites

aumentan la flexibilidad del pan durante más tiempo con lo que ayudan a prevenir el proceso de envejecimiento, a la vez que mejoran la conservación de los productos horneados y aumentan el valor nutritivo del pan. Las grasas proporcionan sabor al pan. Aunque demasiada grasa retrasa la acción de la levadura (Mc Gee, 2007; Sheasby, 2004; Vaclavik, 2002).

#### **4.5. Proceso de panificación**

Para hacer pan con harina de trigo son necesarios tres requisitos: la formación de la estructura del gluten mediante el mezclado y amasado, el esponjado de la mezcla por la producción de gas procedente de la fermentación de la masa por medio de levaduras y la coagulación del material al cocer al horno (Astiasarán, 2003).

Para elaborar un pan de levadura se siguen cuatro pasos básicos: mezclar la harina, el agua, la levadura y la sal; amasar la mezcla para que se forme la trama de gluten; dejar tiempo a que la levadura produzca el dióxido de carbono y llene la masa con celdillas de gas, y por último hornear la masa para que desarrolle su estructura y genere su sabor (Mc Gee, 2007; Vaclavik, 2002).

##### **4.5.1. Mezclado**

El primer paso para hacer el pan es mezclar los ingredientes. En el instante en que la harina entra en contacto con el agua comienzan varios procesos. Los gránulos rotos de almidón absorben agua y las enzimas metabolizan el almidón desprotegido para dar azúcares. Las células de levadura se alimentan de los azúcares y producen dióxido de carbono y alcohol. Las proteínas de la glutenina absorben una fracción de agua y se desarrollan formando las espirales alargadas; las espirales de las moléculas adyacentes forman numerosos enlaces entre sí y forman así los primeros filamentos de gluten (Mc Gee, 2007).

##### **4.5.2. Amasado**

Es el proceso de manipulación de la masa, que incorpora y subdivide las burbujas de aire, contribuye a la homogeneidad de temperatura en la masa, elimina el exceso de CO<sub>2</sub> (que puede dilatar en exceso la estructura del gluten),

y distribuye a la levadura, se debe realizar un vigoroso amasado para que el gluten se desarrolle en la harina y se obtenga una masa homogénea, elástica y extensible que permitirá un buen levado. Durante este proceso de amasado, la proteína hidratada forma una red proteica rígida, estable y tridimensional, por la formación de enlaces cruzados de tipo disulfuro (-S-S). El amasado resulta vital para obtener un pan de buena textura y forma (Sheasby, 2004; Astiasarán, 2003; Vaclavik, 2002).

### **Formación de la masa**

Primero hay un cambio del estado natural de las materias primas, que de ser simples ingredientes individuales, al añadir agua se produce homogeneización que transforma estos ingredientes en un solo cuerpo llamado masa. La absorción de agua durante el amasado es producida por la proteína de la harina que aumenta el doble de su volumen inicial, por el almidón dañado que oscila entre un 7% a un 5% de su total de almidón y que ejerce un efecto de absorción rápido. Otro efecto realizado en el amasado es el aumento de volumen, que es producido por su contacto con el oxígeno y posteriormente por la incorporación de las células de la levadura; durante el amasado ya existe una pequeña fermentación, desde el momento de incorporar la levadura, ya que en ese preciso instante comienza la metabolización de los azúcares libres de la harina. El buen desarrollo de la masa se debe a una correcta generación de la misma para permitir el desarrollo de todos sus microorganismos que necesitan del oxígeno para su desarrollo (Calaveras, 2004).

### **Desarrollo de la masa**

Una vez que se han mezclado los ingredientes y que se ha formado la masa, comienza el proceso de su desarrollo. Se somete a una manipulación: se estira, pliega, comprime, se vuelve a estirar, plegar y comprimir varias veces. Esta manipulación fortalece la trama del gluten, despliega las proteínas, las alinea y fomenta el establecimiento de enlaces entre ellas. Las moléculas de glutenina forman también enlaces entre sí por sus extremos; con ello establecen una trama coherente y extensa de cadenas de gluten. La masa va adquiriendo consistencia por tanto ofrece mayor resistencia al heñido, adquiriendo a la vez un aspecto fino y satinado. Además, el amasado airea la



masa, pues al doblarla y comprimirla repetidamente se van encerrando en su seno bolsas de aire que luego se dividen en otras cada vez más pequeñas. Cuantas más bolsas de aire se incorporen en el proceso, tanto más fina será la textura del pan acabado. La mayoría de las bolsas de aire se incorporan a la masa cuando ésta alcanza su máxima rigidez (Mc Gee, 2007).

#### **4.5.3. Fermentación**

La fermentación es el proceso biológico en el que los microorganismos metabolizan las sustancias orgánicas fermentables. Durante la fermentación, la levadura convierte los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono, aumentando este último el volumen del pan, es la fase en que la masa se deja reposar para que las células de levadura produzcan CO<sub>2</sub>, que se difunden por las burbujas de aire, las infla lentamente y con ello hace crecer la masa. La  $\alpha$ -amilasa rompe una unidad de glucosa cada vez, produciendo inmediatamente glucosa, y la  $\beta$ -amilasa rompe dos unidades de glucosa (maltosa) sobre las que pueden actuar las levaduras (Vaclavik, 2002; Mc Gee, 2007).

En cualquier fermentación panaria deben producirse tres etapas fundamentales:

*1ª Etapa*- Es una fermentación muy rápida y dura relativamente poco tiempo. Se inicia en el amasado al poco tiempo de añadir la levadura ya que las células de *Saccharomyces cerevisiae* comienzan la metabolización de los primeros azúcares libres existentes en la harina. Aunque es un porcentaje pequeño de glucosas el que posee la harina; es sobre éstas, sobre las que primero comienza la metabolización.

*2ª Etapa*- Es la etapa más larga y aunque en muchos casos la actividad de las enzimas diastásicas comienza muy pronto, su etapa degradatoria es larga. Se considera la etapa en las que  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón.

Es en esta etapa donde se produce la mayor cantidad de fermentación alcohólica pero donde a su vez comienzan a producirse las distintas fermentaciones complementarias como son la fermentación butírica, láctica y acética.

*3ª Etapa*- Esta es la última fermentación, tiene mucho que ver el tamaño de la pieza, ya que se finaliza cuando el interior de la pieza de pan posee 55°C pues a dicha temperatura las células de levadura mueren. Por tanto esta etapa siempre se considera corta en tiempo y se desarrolla finalmente en el horno (Calaveras, 2004).

El final del proceso de fermentación lo delata tanto la masa (cuando alcanza el doble de su volumen original, aproximadamente) como el estado de la trama de gluten. La fermentación genera calor, agua y alcohol (Mc Gee, 2007).

### **Procesos químicos en la fermentación**

A la hora de hablar de los procesos químicos producidos en la fermentación, se debe tener en cuenta que su fundamento es producir:

- Aumento de volumen de la pieza
- Textura fina y ligera
- Producción de aromas

Este proceso está definido como el reposo de las piezas, ya formadas en condiciones favorables, a veces controladas, de humedad y temperatura; produciéndose dicho aumento de volumen gracias a la producción, retención de gas y las modificaciones de las características plásticas de la masa permitiendo dicha expansión. (Calaveras, 2004; Vaclavik, 2002).

Las dos funciones principales desarrolladas al incorporar la levadura son:

- A. Producción de gas en el interior de la masa para airearla.
- B. Favorecer la maduración de la masa produciendo diversas actividades fermentativas.

La primera está basada en la incorporación de millones de células obtenidas de una cepa pura seleccionada, normalmente una dosis del 3% de levadura para pan normal, supone más de 16 millones de células por gramo de masa. Estas, como todo ser vivo tienden a desarrollar su ciclo vital y esta actividad natural es mayormente responsable de la producción de gas, como fuente de energía (Calaveras, 2004).

La capacidad de retención va reduciéndose con el tiempo y su momento más crítico es a la entrada del horno, ya que el fuerte aumento de temperatura

produce el aumento de presión de los gases retenidos y estos a su vez, un aumento del volumen de la pieza evaporándose el etanol y parte del agua de la masa (Mc Gee, 2007; Calaveras, 2004).

### **Aplastar la masa y segundo levado**

Después del esponjamiento, la masa se aplasta. Esto permite que el CO<sub>2</sub> se escape, controla el tamaño de las burbujas de aire y evita el exceso de dilatación y el colapso del gluten. Una vez que la masa ha leudado, es necesario “aplastarla”. Este proceso romperá las grandes bolsas de aire y asegurará al pan una textura homogénea (Vaclavik, 2002; Sheasby, 2004).

#### **4.5.4. Horneado**

En los principales cambios que se producen durante el horneado en el producto intervienen la proteína, almidón, gases, pardeamiento y de forma importante una liberación de aroma. El agua se evapora y se hace evidente un pardeamiento de la corteza debido a la reacción de Maillard. El alcohol o producto de desecho de la fermentación de las levaduras se evapora. El flavor se desarrolla cuando la corteza pardea con pérdida de agua y se libera el aroma (Vaclavik, 2002).

La introducción del calor en el pan es el responsable de aumentar la presión del gas en el interior del mismo, produciendo un aumento significativo del pan. Los procesos más característicos del pan dentro del horno son:

- Inactivación de las levaduras y muerte a 55°C
- Caramelización de los azúcares y coloración de la corteza
- Gelificación del almidón, finalizando en una cristalización del mismo y proporcionando la estructura final del pan

Las proteínas sufren una coagulación y posterior desnaturalización a los 43°C hasta llegar a mantener una consistencia constante cercana a los 85°C. Normalmente el rango de cocción está entre 180°C y 250°C, aunque a temperaturas más altas se encuentran panes con excesivo color y crudos por dentro (Calaveras, 2004).

Cuando se habla de horno se le define como el lugar donde se introducen los panes para finalizar su proceso con temperatura y tiempo controlado (Calaveras, 2004).

### **Inicio de la cocción: el crecimiento inicial**

Cuando se introduce el pan en el horno, el calor penetra por debajo del pan por contacto con la bandeja y por encima por la radiación del calor de la bóveda y por contacto con el aire caliente. El calor pasa después de la superficie a todo el interior de la masa por dos vías: una lenta a través de la fase viscosa de gluten-almidón y otra mucho más rápida, gracias al vapor que pasa por el conjunto de burbujas de gas. A medida que la masa se calienta, se fluidifica, sus celdillas de gas se expanden y la masa crece. La causa principal del crecimiento inicial en la cocción se debe a la evaporación del alcohol y del agua que ocupan las celdillas de gas e inducen la expansión de la masa hasta en un 50% de su volumen inicial (Mc Gee, 2007).

### **Mitad de la cocción: de la espuma a la esponja**

El esponjamiento inicial se detiene cuando la corteza se endurece lo suficiente para resistir el empuje, en el interior de la masa ha alcanzado entre 68 y 80°C, rango de temperatura en el que las proteínas del gluten forman enlaces fuertes entre ellas y los gránulos de almidón absorben agua, se hinchan, gelifican y se desprenden moléculas de amilosa de ellos. Entonces, las paredes de las celdillas de gas no dan más de sí para compensar la creciente presión que acumulan y se rompen, de modo que la estructura del pan deja de ser un sistema cerrado de celdillas de gas aisladas y se convierte en una red abierta de poros intercomunicados; así pues, de un agregado de burbujitas pasa a ser una esponja a través de la cual pueden pasar fácilmente los gases (Mc Gee, 2007).

### **Final de la cocción: desarrollo del sabor y cocción total**

La cocción continúa durante algún tiempo después de que el centro de la masa se halla aproximado al punto de ebullición. Esto gelifica el almidón lo más completamente posible, impidiendo así que el centro siga estando húmedo y pesado, y retardando el envejecimiento posterior. El horneado induce además

reacciones de pardeamiento de la superficie, que mejoran el aspecto y el sabor del pan, estas reacciones afectan al sabor de todo el pan gracias a que sus productos se difunden por todo el interior del mismo. Se considera que el pan está hecho cuando su corteza se ha tostado y su estructura interior se ha estabilizado completamente (Mc Gee, 2007).

#### **4.5.5. Enfriamiento**

Inmediatamente después de sacarlo del horno, la capa exterior del pan está muy seca, con alrededor de un 15% de agua y en torno a los 200°C, mientras que en el interior está tan húmedo como la masa cruda original, con alrededor del 40% de agua y a una temperatura de 93°C. Durante el enfriamiento, estas diferencias se compensan parcialmente: la humedad se difunde hacia el exterior y mucha de su pérdida se produce en esta fase. A medida que baja la temperatura, los gránulos de almidón se ponen más firmes y el pan se puede rebanar más fácilmente y sin que se desgarre. Esa firmeza, deseable al principio, va aumentando en el transcurso del primer día hasta que se convierte en el primer paso del proceso llamado “envejecimiento” (Mc Gee, 2007).

#### **4.5.6. Envejecimiento**

El envejecimiento se define como todos aquellos cambios que se producen después de la obtención del producto, incluye un cambio de flavor, una miga más dura, menos elástica y menos capacidad de absorción de agua. Cuando el pan se guarda: envejece, la corteza se vuelve suave, correosa y pierde su sabor atractivo. Al mismo tiempo, el interior de la hogaza pierde el sabor y se hace menos elástica debido al envejecimiento de la miga. El envejecimiento de la corteza se debe principalmente a la difusión del agua desde el interior de la hogaza. El envejecimiento de la miga no se debe al secado sino que es causado por la retrogresión de la amilopectina (sus moléculas se van ordenando de manera más regular en el almidón gelatinizado) que constituye la mayor parte del pan (Fox, 2006; Vaclavik, 2002).

En el pan recién horneado, las moléculas de amilopectina y las cadenas de unidades de glucosa de la amilopectina están ordenadas de un modo completamente al azar y un poco caprichoso en los gránulos de almidón

parcialmente hinchados. Por otra parte, en el pan viejo, muchas moléculas de amilopectina pueden estar ordenadas en un cúmulo y las cadenas de unidades de glucosa están colocadas paralelamente unas con respecto a otras (Fox, 2006).

El endurecimiento de la miga del pan no se debe solo a la pérdida de humedad, sino al cambio que se produce en la estructura del almidón a temperaturas inferiores a 55°C desde una forma amorfa a otra cristalina que retiene menos agua. Esta variación conduce a un rápido endurecimiento y a la retracción de los granos de almidón que se separan del gluten con el que están asociados, produciéndose un desmoronamiento de la miga. Durante este proceso parte de las moléculas de agua difunden hacia la corteza, donde se evaporan, por lo que al encerrar el pan en una panera ayuda a retrasar el proceso de envejecimiento (Astiasarán, 2003).

El envejecimiento tiene lugar en los días siguientes al horneado y parece derivarse de la pérdida de humedad, por lo que frecuentemente se seca antes de que lo infecten los microorganismos que lo descomponen. Se entiende como una manifestación de la retrogradación del almidón, la recristalización, la migración del agua fuera de los gránulos y el endurecimiento que tiene lugar cuando el almidón cocido se enfría. Comparado con otros muchos alimentos, el pan contiene relativamente poca agua (Mc Gee, 2007).

#### **4.6. Calidad y sabor del pan**

El incomparable sabor de un sencillo pan de trigo se debe a tres factores: el sabor de la harina de trigo, los productos de la levadura de la fermentación microbiana, y las reacciones causadas por el calor durante la cocción (Mc Gee, 2007).

El pan posee ciertas características por las cuales se juzga su calidad. La masa debe subir a fin de producir una hogaza levantada, cuyo interior debe ser uniforme en porosidad y firme y elástico al tacto. La corteza debe tener un color café dorado y ser crujiente y quebradiza en vez de dura (Fox, 2006).

#### **4.7. Valor nutritivo del pan**

Los alimentos a base de cereales proporcionan carbohidratos complejos, la mejor fuente de energía de utilización lenta para nuestro cuerpo. Estos alimentos son habitualmente bajos en grasa y proporcionan fibra. Los alimentos a base de cereales proporcionan vitaminas (especialmente las tres vitaminas B clave: tiamina, riboflavina y niacina) y hierro (Vaclavik, 2002).

La principal importancia del pan radica en su aporte energético (alrededor de 900 a 1000 kJ/100g) en forma de hidratos de carbono (contiene alrededor de 40 a 45% de carbohidratos disponibles); junto a ello, se debe destacar su contribución de alrededor de un 8% a 9% de proteínas así como también cantidades significativas de minerales y vitaminas debido al hecho de que se consumen cantidades considerables de pan, proporciona algunas ventajas como:

- Efecto laxante
- Descenso de peso
- Endurecimiento de los músculos
- Reducción en el índice de colesterol (Calaveras, 2004).

Esto le convierte en un importante, barato y equilibrado proveedor de proteínas y fuente de energía para la dieta (Fox, 2006; Calaveras, 2004; Astiasarán, 2003).

El pan contiene una valiosa cantidad de fibra. En este sentido hay que considerar que parte del almidón se transforma en no digerible durante el procesamiento y la cocción, por lo que actúa como fibra. El contenido de calcio del consumo promedio diario teórico de pan (125g) es de alrededor de 30 mg en el caso del pan integral y de 125 mg en el de otros panes (Fox, 2006; Astiasarán, 2003).

#### **4.8. Alimentos funcionales**

Los alimentos funcionales son alimentos que abarcan productos potencialmente saludables incluyendo cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un efecto benéfico adicional,

terapéutico o preventivo en el huésped, superior al de los nutrientes tradicionales que contiene (Cortés *et al.* 2005; Taranto *et al.* 2005; Webb, 2006).

El concepto de alimentos funcionales (AF) tiene su origen en una mayor comprensión de las bases moleculares de la relación existente entre alimentación, salud y la posibilidad de contar con reguladores biológicos (donde las bacterias lácticas juegan un papel protagónico) que disminuyan el riesgo de contraer enfermedades. Se definen también como "alimentos susceptibles de producir un efecto benéfico sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, de mejorar el estado de salud y de bienestar y/o de reducir el riesgo de una enfermedad" (Taranto *et al.* 2005).

Alimento funcional, que por definición es aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa o que afecte de manera relevante el organismo humano brindando la posibilidad de mantener el estado de buena salud o previniendo el riesgo de sufrir alguna enfermedad, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional. El efecto positivo a la salud se refiere a una mejoría de las funciones del organismo o a la disminución del riesgo de una enfermedad (Ramírez, 2011; Madrigal y Sangronis, 2007).

Un alimento funcional debe ser ante todo un alimento y no un medicamento, ya que este no tiene ningún efecto terapéutico. Esto quiere decir que para que se considere como funcional se debe recomendar el consumo regular de este alimento asociado a una dieta variada y balanceada, como también ser parte de estilos de vida saludables para así incrementar las posibilidades de que la función para la cual los estudios científicos han determinado su utilidad se obtengan. Un alimento funcional debe demostrar sus efectos en la cantidad suficiente esperada dentro de la dieta normal; no es una pastilla o una píldora y debe consumirse dentro del patrón alimentario normal, esto quiere decir que no se convierta en el único alimento que recibirá una persona durante todo un día. Desde un punto de vista práctico un alimento funcional es:

- Un producto natural



- Un componente alimentario que se añade a un producto que mejora su función
- Un componente de un alimento que se removió para obtener su función
- Un alimento al cual se le modificó la biodisponibilidad de un ingrediente para hacerlo más utilizable
- Cualquier combinación de las anteriores (Ramírez, 2011).

Un alimento funcional debe cumplir 3 condiciones:

1. Estar constituido por ingredientes naturales.
2. Se debe consumir como parte de una dieta diaria.
3. Ser un alimento que al consumirse presente una particular función en el cuerpo humano, como:
  - Mejoramiento en los mecanismos de defensa biológica.
  - Prevención o recuperación de algunas enfermedades específicas.
  - Control de las condiciones físicas y mentales.
  - Retardo del proceso de envejecimiento (Cortés *et al.* 2005).

Un alimento funcional se define como aquel que “está demostrado suficientemente que actúa beneficiosamente sobre una o más funciones del cuerpo, más allá de su efecto nutricional, mejorando la salud y el bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad”. Puede ser un alimento natural, un alimento al que se ha añadido, eliminado o modificado un componente por medios biotecnológicos, un alimento en el que se ha modificado la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes o una combinación de cualquiera de estas posibilidades (Ferrer *et al* 2001).

#### **4.8.1. Fibra dietética**

Con este nombre se designa un grupo muy amplio de polisacáridos, de los considerados estructurales, que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, incluyendo al hombre pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo. La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales (Badui, 2006).

La fibra dietética de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994 se define como “Los polímeros de hidratos de carbono con tres o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías siguientes:

- I. Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen;
- II. Polímeros de carbohidratos obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas y aportadas a las autoridades competentes
- III. Polímeros de carbohidratos sintéticos que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas aportadas a las autoridades competentes”

Químicamente, las fibras dietéticas son polisacáridos vegetales que forman parte de las paredes celulares o de las reservas citoplasmáticas de las plantas. Existen una gran cantidad de materiales vegetales que se engloban en esta: salvados de trigo, avena, maíz, centeno; fibras de manzana, soya, chícharo; agar; carregeninas; goma guar, xantano; algarrobo; pectinas; carboximetilcelulosa; inulina; oligosacáridos; almidones resistentes; goma de acacia; polidextrosas; entre otras (Garduño *et al* 2005).

La fibra dietética es el residuo orgánico de los alimentos de origen vegetal, que no es hidrolizado por los jugos digestivos del tracto gastrointestinal y que solo puede descomponerse en parte en el intestino grueso, no posee valor energético, únicamente la fibra que puede hidrolizarse en el intestino grueso a ácidos grasos es la que pasa a sangre y puede aportar energía (Vollmer *et al.* 1999).

El efecto de la fibra sobre la función del colon no depende solo de la cantidad de fibra, sino también del tipo de fibra y de su digestibilidad o fermentabilidad. Tanto la fibra soluble como la insoluble tienen capacidad de fomentar la regularidad en la función del colon, medida según el peso de las deposiciones y

el tiempo del tránsito, pero lo hacen mediante mecanismo diferentes. La fibra insoluble, es resistente a la fermentación por las bacterias del colon e incrementa el volumen fecal mediante la retención del agua (Mazza, 2000).

La fibra soluble sufre una intensa degradación por bacterias y sirve de sustrato para el crecimiento de las bacterias del colon. Este tipo de fibra incrementa el peso fecal debido principalmente al incremento de la masa y gases bacterianos, uno de los productos principales de la fermentación. Esta disminución de la densidad o incremento del volumen de la masa fecal permite que se alcance rápidamente en el recto el volumen límite que desencadena la defecación (Mazza, 2000).

En la fibra alimentaria del salvado de trigo, el principal componente es el polisacárido celulosa. Contiene también otros polisacáridos del tipo de hemicelulosas, pentosanos y ligninas. Todos ellos tienen gran capacidad para ligar agua, de forma que mantienen las heces blandas, evitando el estreñimiento. Además, por su capacidad activa de adsorción, es capaz de ligar sustancias tóxicas con posible actividad cancerígena, por lo que su consumo parece estar relacionado con una menor incidencia de cáncer de colon, además resultan eliminadas moléculas como el colesterol y las sales biliares, favoreciendo la disminución del colesterol sanguíneo (Astiasarán, 2003).

Los alimentos ricos en fibra tienen que masticarse más a fondo y durante más tiempo, lo que es bueno para el mantenimiento de los dientes, provoca una mayor secreción de saliva y favorece con ello la digestión previa; la saliva alcalina también impide una sobreacidificación del bolo alimenticio. Debido al mayor tiempo de permanencia del bolo alimenticio en el estómago, la fibra dietética da lugar a una rápida sensación de saciedad que se prolonga durante más tiempo. Si se consume una dieta rica en fibra, se retrasa la degradación de todos los hidratos de carbono, por lo que el contenido de azúcar en la sangre se incrementa más lentamente; esto a su vez retarda la sensación de apetito (Vollmer *et al.* 1999).

## **4.9. Prebióticos**

Prebióticos componentes no digeribles de un alimento que al ingerirse promueven el crecimiento y establecimiento de gérmenes beneficiosos de la flora intestinal. Un prebiótico es definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo de bacterias en el colon (bifidobacterias y lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (Ferrer *et al.* 2001; Madrigal y Sangronis, 2007).

Los prebióticos son sustancias de los alimentos que resisten la digestión en el intestino delgado y son susceptibles de ser fermentadas por la flora bacteriana del intestino grueso, ejerciendo un efecto favorable sobre la misma e indirectamente sobre nuestro cuerpo. Entre los prebióticos hay diferentes tipos de fibra: soluble, lignina y oligosacáridos no digeribles, por ejemplo los fructooligosacáridos, que se añaden a productos como leche, yogures, flanes y margarinas. Estos compuestos son sustrato de las bacterias que colonizan el intestino grueso, originando ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta, que estimulan el crecimiento de las bifidobacterias y equilibran la flora intestinal (Cortés *et al.* 2005).

Los prebióticos son oligosacáridos (polímeros de varios monosacáridos, que contienen unas pocas unidades de azúcar, generalmente menos de 20, que no son digeribles por los enzimas del intestino humano). Recientemente, se ha centrado la atención sobre los polímeros de la fructosa, oligofructosa e inulina. Aunque la inulina y los fructo-oligosacáridos (FOS) no son digeribles en el intestino delgado, son fermentados por las bacterias del colon. Ninguno de los componentes monosacáridos se adsorbe como tal. Estos pueden ser considerados como parte de la fibra dietética. En pruebas realizadas *in vitro*, se puede demostrar como los FOS pueden estimular selectivamente el crecimiento de las bifidobacterias (Webb, 2006).

### **4.9.1. Inulina**

La inulina es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36000 especies de plantas. La inulina está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces  $\beta(2 \rightarrow 1)$  fructosil-fructosa, siendo el término “fructanos”

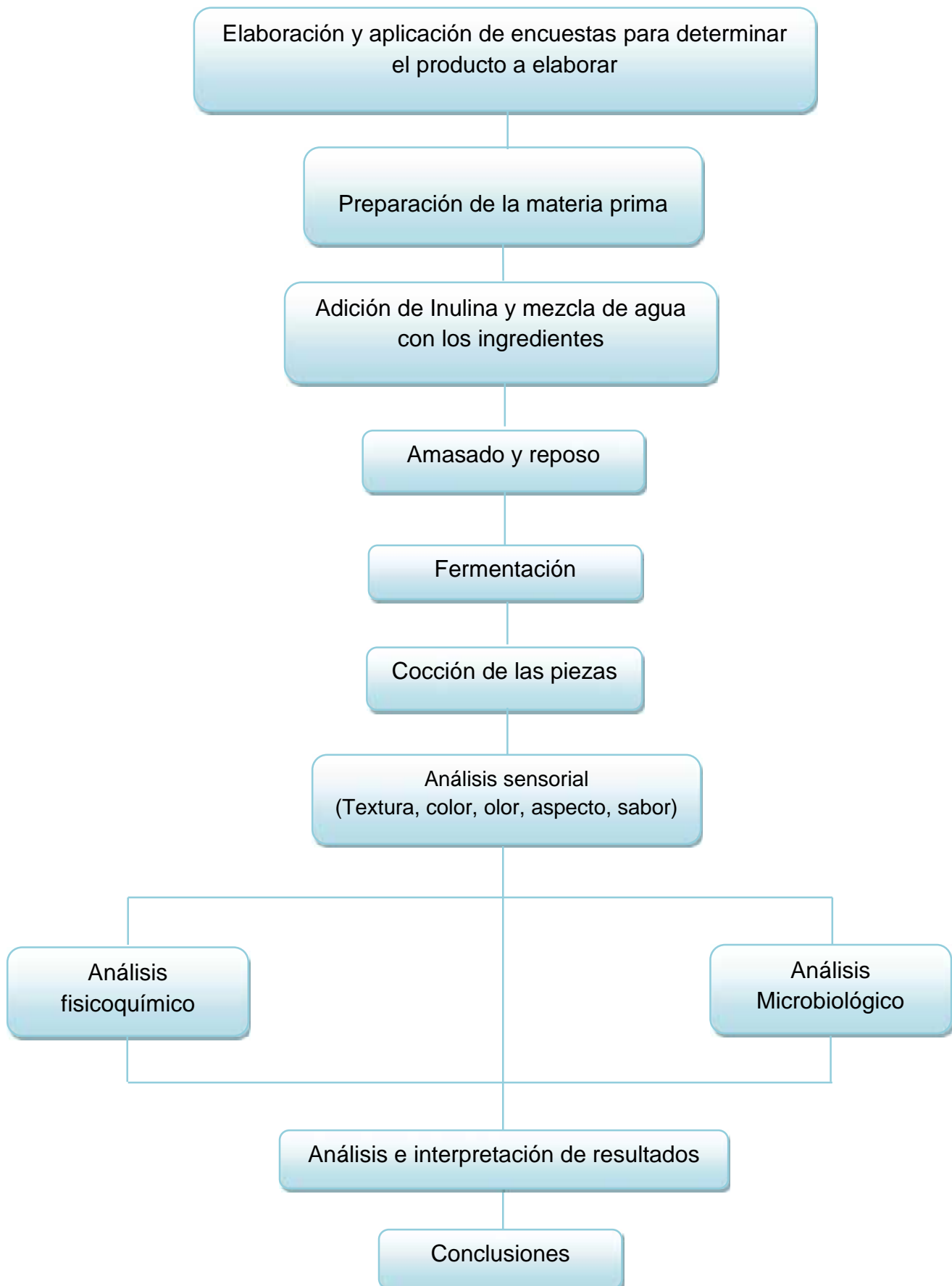
usado para denominar este tipo de compuestos. Las cadenas de fructosa tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace  $\beta$ -(1,2) (residuo  $\beta$ -Dglucopiranosil), como en la sacarosa, pero también el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo de  $\beta$ -D-fructopiranosil (Madrigal y Sangronis, 2007).

Entre otras propiedades beneficiosas a la salud de la inulina, se mencionan: el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Madrigal y Sangronis, 2007).

También presentan una proporción energética más baja que el azúcar y los almidones. Los cálculos predictivos teóricos han propuesto que el contenido energético de la inulina está entre 4.6 y 9.5 kJ/g esto comparado con los carbohidratos normales digeribles que tiene una densidad energética 17kJ/g. este punto es de gran relevancia ya que para las alusiones en el etiquetado de los productos que contiene inulina y oligofructosa estos solo contribuyen en una disminución de 1 a 3% del total energético diario lo que no soporta el hecho de ser bajos en calorías (Ramírez, 2011).

La inulina y la oligofructosa se han establecido como prebióticos debido a su comportamiento en el tracto gastrointestinal. Como se menciona anteriormente la inulina y la oligofructosa escapan a la digestión en las porciones superiores del tracto gastrointestinal llegando intactos a las porciones distales (Ramírez, 2011).

## 5. DIAGRAMA DE TRABAJO



## 6. MATERIAL Y METODOS

Material de vidrio el necesario para cada determinación.

Reactivos de grado analítico, los necesarios para cada determinación.

Se procede a la higienización del área de trabajo en donde se va a llevar a cabo la elaboración del producto de panificación.

**Tabla 1. Análisis químico proximal**

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Humedad	Termobalanza	NMX-F-083-1986
Proteína	Kjeldahl	NMX-F-608-NORMEX02
Grasa	Soxhlet	NMX-F-615-NORMEX04
Cenizas	Calcinación	NMX-F-607-NORMEX02
Fibra cruda	Kennedy	NMX-F-613-NORMEX03
Carbohidratos	Diferencia	

**Tabla 2. Análisis microbiológico**

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Mesofílicos aerobios	Vertido en placa	NOM-092-SSA1-1994
Coliformes totales	Vertido en placa	NOM-113-SSA1-1994
Hongos y levaduras	Vertido en placa	NOM-111-SSA1-1994

**Tabla 3. Análisis Sensorial**

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Análisis sensorial	Escala hedónica	Anzaldúa, 1994

## **7. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

El aseguramiento de las materias primas se aplicó en todas y cada una de las materias primas que se utilizaron en la elaboración del pan. Se comprobó el correcto funcionamiento de los aparatos empleados en el proceso.

### **7.1. Elaboración de pan de sal adicionado con inulina.**

Los ingredientes utilizados se observan enumerados en la tabla 4. Se realizó el pesado de las materias primas, se mezclaron primero los ingredientes sólidos, posteriormente se añadieron los ingredientes semisólidos y finalmente agua caliente; se procedió a amasar aproximadamente una hora o hasta que la masa tuviera la consistencia deseada, el amasado no se excedió puesto que si no repercutiría en la calidad del pan, se buscó una masa elástica, viscosa y bien homogeneizada, por lo que se tomó en cuenta que los diferentes ingredientes proveen características distintas a la masa; una vez teniendo la masa lista se colocó en un recipiente y se llevó a fermentar por espacio de 30 minutos a 37°C, la masa debe reposar lo necesario para que se relaje después de la fermentación, pues es en este momento donde los microorganismos otorgan al pan el sabor característico, por lo anterior, se controló la temperatura y el tiempo, una vez fuera de la cámara de fermentación se prensa con ambas manos y se estira para desarrollar el gluten, mejorar las cualidades plásticas de la masa y expulsar las burbujas de gas existentes en la masa. Se realizó el proceso de pesado y boleado de las piezas, se dejaron en reposo cubiertas con un plástico por un lapso corto de tiempo, posteriormente se llevó a cabo el formateado de las piezas, se barnizó con yema de huevo con la finalidad de hacer más atractivo el pan a la vista del consumidor y se llevó a cabo la cocción para frenar la actividad de los microorganismos y formar la cristalización del almidón, durante aproximadamente 35-40min. Con temperatura de horneado a 160°C.



**Tabla 4. Fórmula original para elaborar pan de sal.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Harina de trigo</b>	420g
<b>Levadura</b>	11g
<b>Azúcar</b>	35g
<b>Margarina o mantequilla</b>	90g
<b>Sal</b>	10g
<b>Agua caliente</b>	300mL

Fuente: PROFECO, 2011

Para elaborar el pan de sal se tomó en cuenta que debía añadirse la inulina en diferentes concentraciones, con la finalidad de determinar el producto con mejores características para realizar posteriormente el análisis sensorial, por tanto como se muestra en la tabla 5 se realizó pan con la adición del 5% y 10% de inulina.

**Tabla 5. Formulación para elaborar pan de sal adicionado con inulina a distintas concentraciones**

<b>Ingredientes*</b>	<b>Adición de 5% de inulina</b>	<b>Adición de 10% de inulina</b>
<b>Harina de trigo</b>	399g	378g
<b>Inulina</b>	21g	42g
<b>Levadura</b>	11g	11g
<b>Azúcar</b>	35g	35g
<b>Margarina</b>	90g	90g
<b>Sal</b>	5g	5g
<b>Agua</b>	300mL	300mL

\*Yema de huevo para barnizar

## 7.2. Análisis sensorial

Para el pan de sal se realizaron pruebas de aceptación. Para medir el nivel de aceptación se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, correspondiendo cada punto a la calificación que se muestra a continuación:

Valor numérico	Significado
5	Me gusta mucho
4	Me gusta ligeramente
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta ligeramente
1	Me disgusta mucho

Mediante una evaluación sensorial se pueden evaluar parámetros como: apariencia, aroma, sabor, color, textura, características de la miga.

Esto permite conocer si el producto se percibe diferente y si estas diferencias son aceptables o no (medida de la aceptabilidad o grado de satisfacción).

Esta prueba se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la BUAP con 50 panelistas no entrenados (jóvenes de distintas licenciaturas).

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1. Encuesta sobre gustos y preferencias con respecto al pan

Se realizó una encuesta a 50 personas con la finalidad de obtener datos para determinar la frecuencia en el consumo de pan, el tipo de pan de mayor preferencia entre las personas, la importancia del sabor en el momento de su compra, de qué manera es considerado el producto como complemento nutricional, y su opinión acerca del pan con fibra que existe actualmente en el mercado. El rango de edad de las personas fue de 16 a 71 años de edad, se observa que el 68%(34) corresponden al sexo femenino y 32%(16) al sexo masculino. Ver figuras 1 y 2.

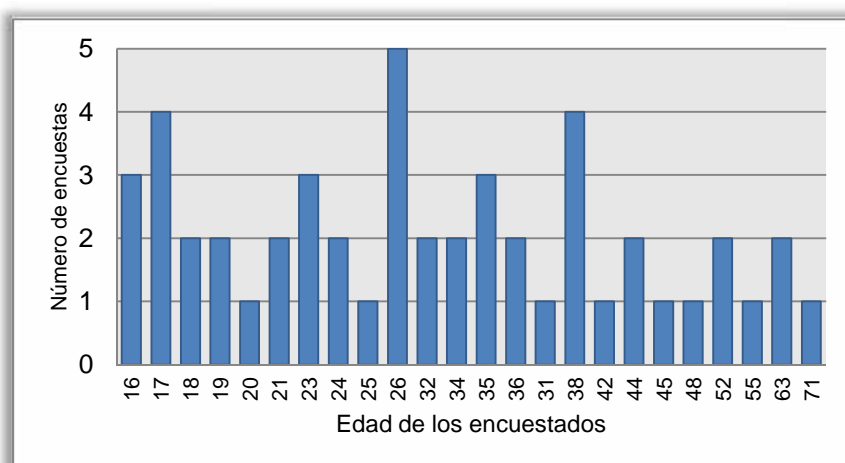


Figura 1. Edad de las personas que respondieron las encuestas.

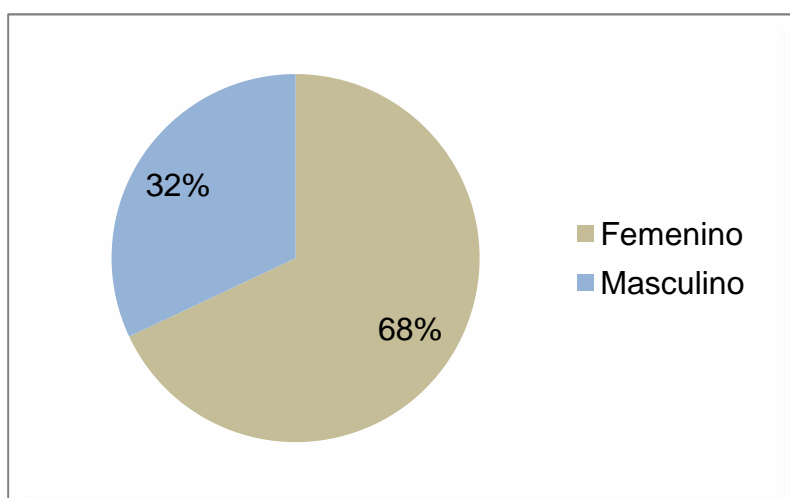
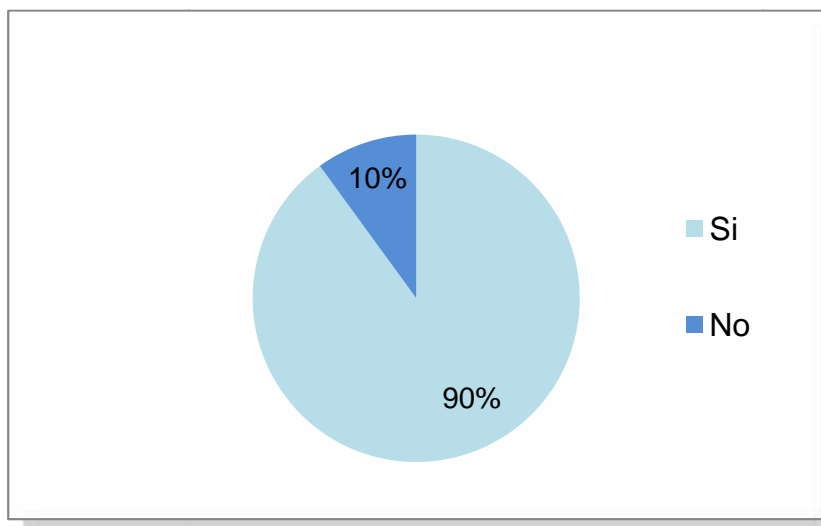


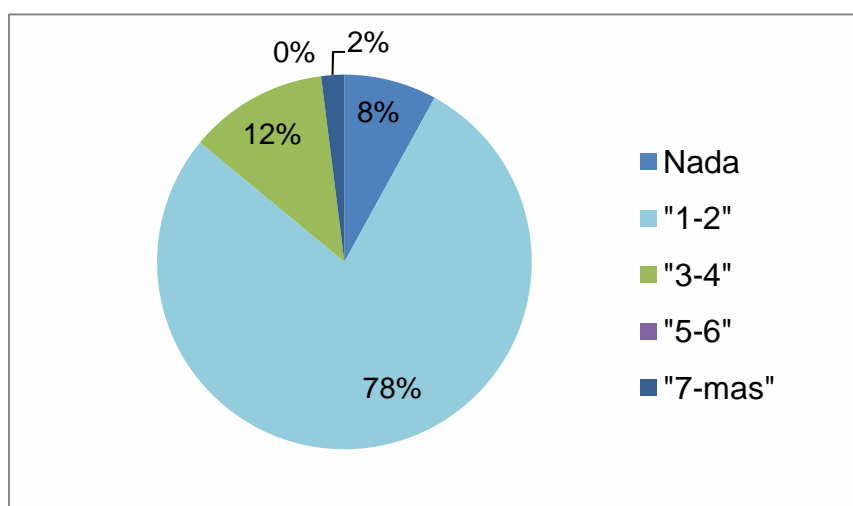
Figura 2. Porcentaje de mujeres y hombres que respondieron las encuestas.

El cuestionario constó de una serie de 9 preguntas que proporcionaron información sobre el hábito de consumo de pan de las personas en ese momento. En el gráfico que a continuación se muestra se observa el porcentaje de personas que consumen pan (45) 90%, y el (5)10% que corresponde a las personas que contestaron no consumir pan. Ver figura 3.



**Figura 3. Consumo de pan entre las personas del estudio.**

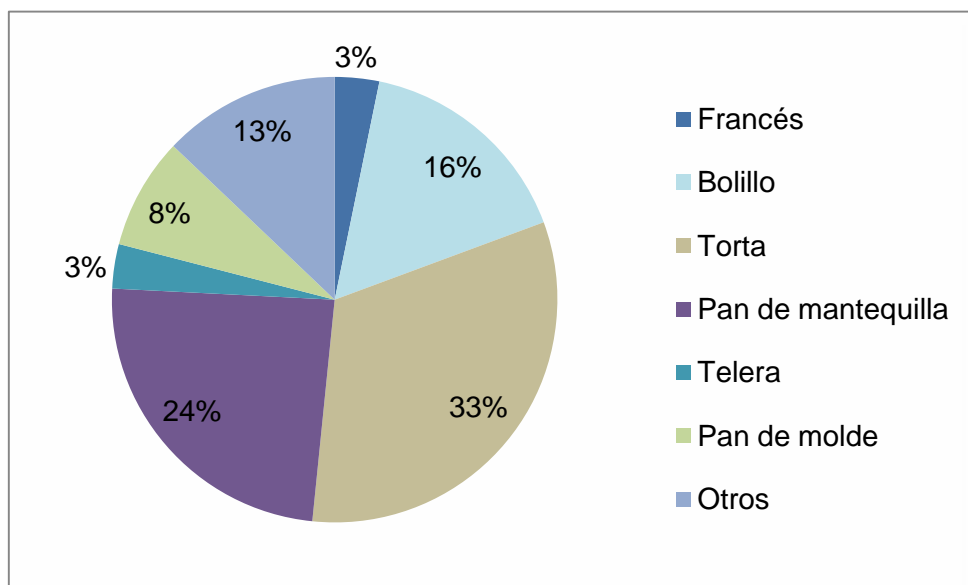
Se obtuvo que el 8%(4) no consumen pan, "1-2" unidades diarias el 78%(39), de "3-4" unidades diarias el 12%(6), de "5-6" unidades por día no se obtuvo resultados, finalmente de "7-más" unidades de consumo de pan al día solo el 2%(1). Ver figura 4.



**Figura 4. Consumo de unidades de pan consumidas/día.**

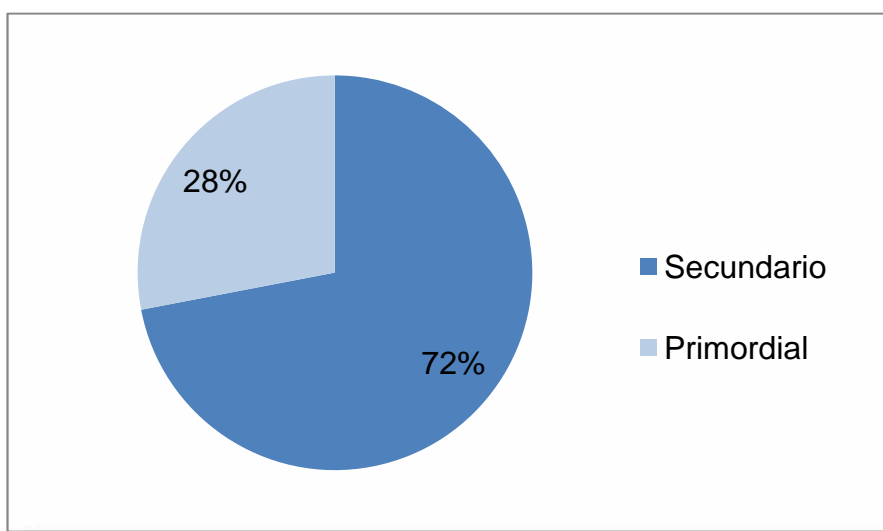
Como se observa en la figura 5 el tipo de pan que resultó ser de mayor preferencia entre las personas encuestadas es la torta 33%(20), siguiendo el

pan de mantequilla 24%(15), después el bolillo 16%(10), en el caso de “otros” se obtiene 13%(8) los cuales manifestaron referirse al pan de dulce, siguiendo el pan de molde 8%(5), finalmente el pan francés y la telera con un 3%(2) respectivamente siendo los de menor agrado entre las personas.



**Figura 5. Tipo de pan de preferencia entre las personas encuestadas.**

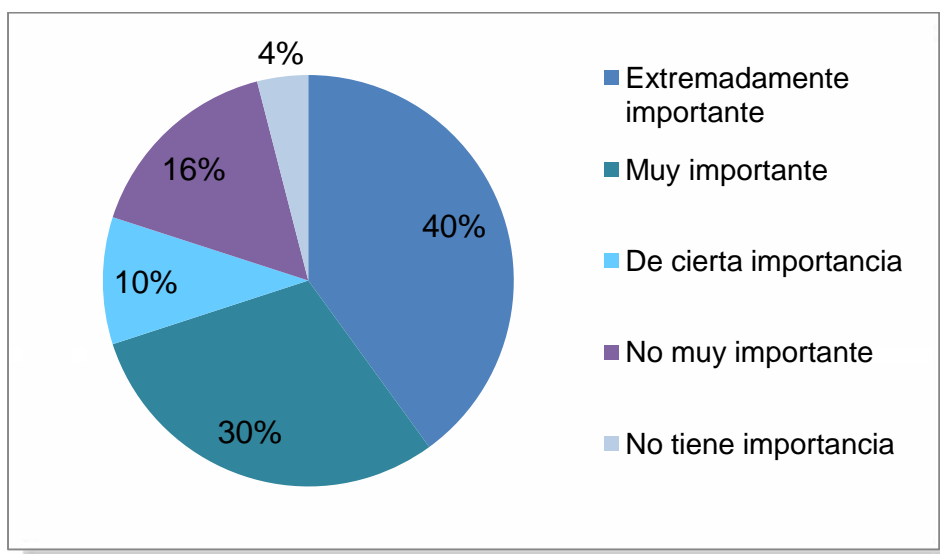
Se realizó una pregunta indagando acerca de si el consumo de pan suele ser primordial 28%(14) o secundario 72%(36), según el consumo de las personas, en la figura 6 se muestra el porcentaje.



**Figura 6. Importancia del consumo de pan entre las personas encuestadas.**

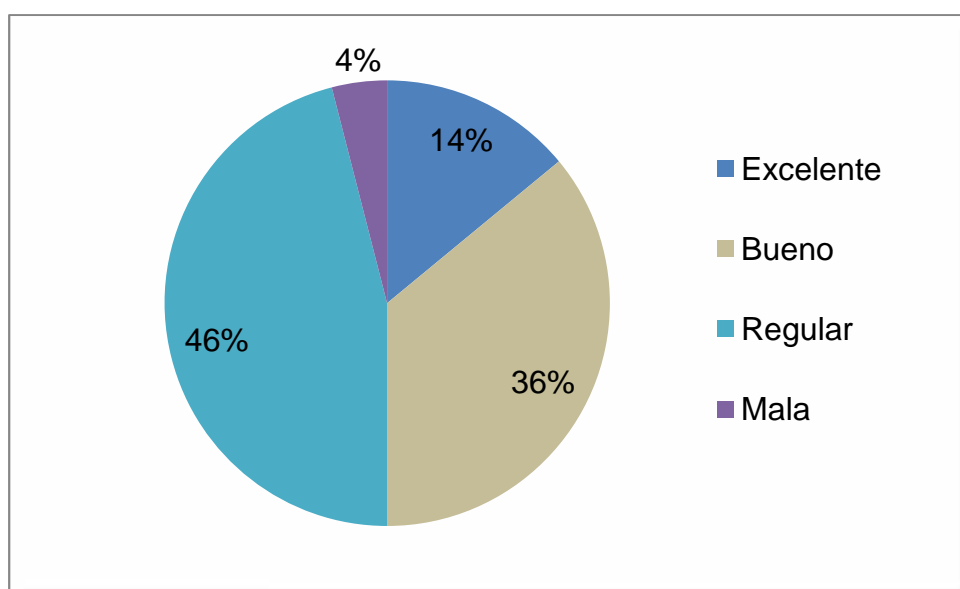
La mayoría de las personas encuestadas mencionaron que el sabor para ellas en el momento de la compra de éste es extremadamente importante 40%(20),

otras refieren que es muy importante 30%(15), de cierta importancia 10%(5), no muy importante 16%(8), y los que para ellos no tienen importancia 4%(2). Ver figura 7.



**Figura 7. Importancia del sabor en el momento de compra de pan.**

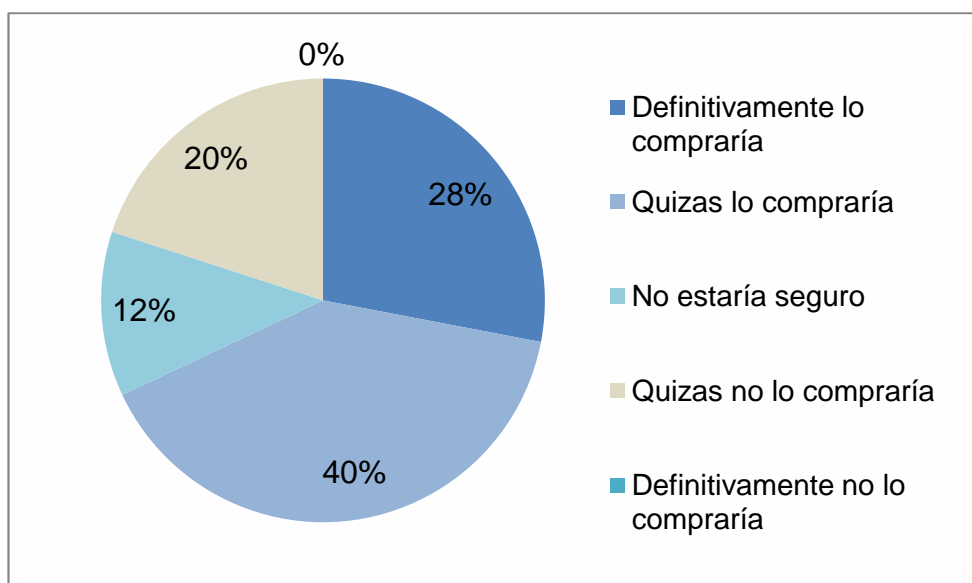
A continuación en la figura 8 se representa la opinión del pan como complemento nutricional entre las personas a las que se les aplicó el cuestionario, obteniendo para la opción: excelente 14%(7), bueno 36%(18), regular 46%(23), mala 4%(2) en una minoría.



**Figura 8. Consideración del pan como complemento nutricional.**

Acerca de que si se incrementara el precio del pan las personas refieren que: Definitivamente lo comprarían 28%(14), quizás lo comprarían 40%(20), no

estarían seguros de comprarlo 12%(6), quizás no lo comprarían 20%(10), y no hubo resultados para el caso de las personas que definitivamente no lo comprarían 0%(0). Ver figura 9.



**Figura 9. Personas que probablemente comprarían pan si su precio incrementara.**

Los resultados que se obtuvieron mediante estas primeras encuestas determinaron el tipo de pan a elaborar por su mayor aceptación por parte de los consumidores. El pan de torta obtuvo un porcentaje de 33% de preferencia de consumo.

En este caso se buscó incrementar el contenido de fibra que funciona a su vez como prebiótico, y para que un alimento se considere como fuente de prebiótico debe adicionársele de 4 a 5g por 100g de alimento, lo que equivale a un 4% en la formulación como mínimo. Para compensar el aumento de inulina se reduce la cantidad de harina (Miguel, 2009).

Se realizó el pan de sal, siguiendo la metodología descrita por la PROFECO, esto para determinar las características de un pan de sal convencional.

Como primera prueba se elaboró el pan con adición de inulina al 10% y se obtuvo un pan con costra gruesa pero suave, miga esponjosa, con una apariencia y sabor de bísquet, en general un buen sabor. Se elaboró un lote de 55 piezas para realizar la evaluación sensorial, pero ésta no pudo llevarse a cabo, debido a que 20 horas posteriores a su elaboración, el pan estaba duro,

seco y se desmoronaba en el momento de morder, por esta razón se concluyó que debía disminuirse la adición de inulina por lo menos al 5% para conservar la apariencia de fresca del producto durante más tiempo.

A continuación se elaboró el pan con la adición del 5% de inulina para realizar el análisis sensorial correspondiente, el cual fue aplicado a un lote de 50 panelistas no entrenados.

## **8.2. Evaluación sensorial del pan adicionado con 5% de inulina**

La calidad organoléptica de un producto o su nivel de aceptación, por los consumidores es uno de los análisis más importantes para una industria, ya que de sus resultados dependerá la factibilidad de elaborar el producto a gran escala. Entre estas pruebas de consumidores la escala hedónica es una de las más usadas, ya que mediante ella se determina el nivel de agrado o desagrado de un producto o atributo del mismo.

La calidad sensorial del pan se percibe a partir de los sentidos de la vista, olfato, gusto, oído y tacto, juega un papel muy importante en la dimensión de la calidad total del producto. Desde el punto de vista del consumidor, la calidad sensorial es uno de los factores más importantes para la aceptación de un producto. Para la evaluación sensorial del pan se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, los resultados se muestran en la tabla 6 y los parámetros a calificar fueron color, apariencia, aroma, textura y sabor.

**Tabla 6. Evaluación sensorial del pan de sal adicionado con 5% de inulina.**

	Apariencia	Sabor	Color	Aroma	Textura
Pan de sal adicionado con 5% de inulina	<b>4.16</b>	<b>3.39</b>	<b>4.31</b>	<b>4.12</b>	<b>3.57</b>

Escala hedónica de 5 puntos

Los resultados de la evaluación sensorial revelaron una buena aceptación del pan con 5% de inulina.

Para el caso del atributo de color es evaluado mediante la vista y se considera el color de la miga, el color de la corteza, su forma y regularidad, para este caso se observó que fue el parámetro que obtuvo mayor calificación por los



panelistas con un promedio entre los valores de 5 (me gusta mucho) y 4 (me gusta ligeramente), en concreto 4.31, el color se desarrolló durante la etapa de cocción del pan que está asociado a las reacciones de Maillard y de caramelización que afectan al color del mismo, probablemente tal como se menciona en la bibliografía, esto se debió al efecto de la adición de inulina a la masa junto con el efecto del barnizado superficial con huevo que aceleraron la reacción de Maillard (Madrigal y Sangronis, 2007) (figura 10 ).

La apariencia obtuvo una calificación de 4.16, esto se explica debido a que el pan tuvo una forma redonda, bien definida, lo que repercutió en una buena calificación.



**Figura 10. Pan de sal adicionado con 5% de inulina.**

El aroma del pan se origina por diversos factores como la actividad enzimática durante el amasado, el metabolismo de las levaduras, las bacterias lácticas durante la fermentación de la masa panaria, las reacciones de los lípidos, las reacciones térmicas durante la cocción, principalmente reacciones de Maillard y caramelización. Para el caso de este producto se obtuvo una calificación de 4.12, ligeramente superior a me gusta.

En los panes leudados la textura es un factor determinante de la calidad sensorial del pan e influye en gran medida en las decisiones de compra de los consumidores, para este caso la textura obtuvo una calificación de 3.57 que se explica porque algunos de los panelistas refieren que se sentía seco, un poco duro y se desmoronaba al morder (figura 11). Este aspecto podría solucionarse fácilmente modificando la formulación para incluir algún agente mejorador para retención de humedad.



**Figura 11. Miga del pan de sal adicionado con 5% de inulina.**

El parámetro que obtuvo la menor calificación (3.39), fue el sabor, los panelistas refirieron que era un sabor agradable pero no característico, que dejaba una sensación “rara” en el momento de comerlo.

### **8.3. Análisis proximal del pan adicionado con 5% de inulina**

Los resultados del análisis proximal realizado al pan desarrollado se muestran a continuación en la tabla 7.

**Tabla 7. Análisis proximal de pan adicionado con 5% de inulina.**

<b>Tipo de Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>NMX-F-442-1983</b>
Humedad	22.45%	15-35%
Proteína	8.07%	6% mínimo
Grasa	9.82%	1.5% mínimo
Fibra cruda	0.15%	NE
Cenizas	0.75%	NE
Carbohidratos	58.76%	NE

-NE no especificado

La determinación de humedad en los alimentos es de suma importancia, ya que un elevado contenido de ésta influye en la velocidad de multiplicación de los microorganismos, provocando su descomposición y por lo tanto la pérdida de la calidad en sus características sensoriales. Con respecto a la humedad del pan con 5% de inulina, se observa 22.45% que se encuentra dentro del rango indicado que va desde 15% a 35% en la Norma Mexicana (NMX-442-F-1983),

para el caso de la proteína se encontró un porcentaje de 8.07% el cual sobrepasa el porcentaje mínimo referido en la misma Norma Mexicana que es de 1.5%. El contenido de grasa en este caso para el pan de sal se puede observar que sobrepasa el porcentaje mínimo referido en la Norma Mexicana(NMX-442-F-1983) que es de 6%, que para este producto de panificación se reporta el 9.82%.

El consumo de fibra ayuda a solucionar problemas de estreñimiento, disminuir el colesterol en la sangre y controlar el peso corporal, en este parámetro como se observa en la tabla 7 se obtuvo un porcentaje de 0.15%; de acuerdo con la FDA, el tamaño de porción de pan tiene que ser de 50g. Para que un pan sea considerado alto en fibra debe tener por lo menos 10% de fibra del valor de ingesta diaria recomendada (entre 25 y 30g/d), para este caso debe considerarse que en el análisis proximal se evaluó únicamente la fibra bruta y no la fibra dietética, por lo que el contenido de inulina no quedó cuantificado.

#### **8.4. Análisis microbiológico de pan adicionado con 5% de inulina**

Los métodos microbiológicos también son una herramienta de prevención, en el área de panificación. Los resultados microbiológicos son muy importantes, ya que determinan la higiene de materias primas, procesos y manipulación del producto, por ello la importancia de la identificación de microorganismos característicos. Para este análisis, se investigaron mesofílicos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras como se puede observar en la tabla 8 de acuerdo con los datos obtenidos sí se cumple con las buenas prácticas de manufactura en el momento de la elaboración del pan de sal añadido con 5% de inulina.

**Tabla 8. Análisis microbiológico de pan de sal adicionado con 5% de inulina.**

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Referencia NOM-247-SSA1-2008</b>
Mesofílicos aerobios	<100 UFC/g	10 000 UFC/g
Coliformes totales	<10 UFC/g	<30 UFC/g
Hongos y levaduras	<10 UFC/g	300 UFC/g

Los mesofílicos aerobios representan el total de bacterias presentes en el producto, permiten conocer en conjunto la calidad microbiológica, concluyendo que un alimento cuya flora total es elevada resulta impropio para el consumo humano, las bacterias coliformes para el caso del pan sugiere una contaminación posterior al tratamiento térmico o que éste ha sido deficiente, en materia de los hongos y levaduras su presencia numerosa es indicativa de almacenamiento prolongado, así que es importante resaltar que el pan de sal elaborado, adicionado con 5% de inulina se encuentra por debajo de los límites establecidos por la NOM-247-SSA1-2008, lo cual lo hace un producto que se puede consumir sin ningún riesgo para la salud de las personas.

## 9. CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados arrojados por las encuestas realizadas se puede concluir que el consumo de pan entre la población es muy importante, además, en general los encuestados perciben a los panes con fibra como una buena opción para el balance y complemento de la dieta diaria, consideran a la fibra indispensable para el bienestar del organismo y específicamente para mejorar la digestión por lo que la elaboración de un pan adicionado con fibra resultaría una buena opción en su alimentación diaria.
2. La inclusión del 5% de inulina en la formulación permite la elaboración de un pan con características sensoriales aceptables para el consumidor. Los resultados de la evaluación sensorial revelaron una buena aceptación del pan, siendo el color el parámetro que obtuvo mejor calificación, seguido de la apariencia, aroma, textura y finalmente el sabor.
3. Los resultados fisicoquímicos con respecto a la humedad del pan adicionado con 5% de inulina, se encuentra dentro del rango indicado en la Norma Mexicana (NMX-442-F-1983), para la proteína se encontró un porcentaje más elevado al mínimo referido en la misma. El contenido de grasa sobrepasa el porcentaje mínimo referido.
4. El pan de sal adicionado con 5% de inulina se encuentra por debajo de los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM-247-SSA1-2008) lo cual lo hace un producto que se puede consumir sin ningún riesgo para la salud de las personas.

## **10. SUGERENCIAS**

Utilizar un mejorante (shortening) para masa con la finalidad de modificar sus características de textura y poder retener mejor la humedad.

Realizar estudios de vida en anaquel para determinar la vida útil del producto desarrollado.

Realizar la determinación de fibra dietética para determinar si el pan se puede considerar prebiótico o no.

Elaborar diferentes productos de panificación (pan dulce, de caja) adicionados con inulina.

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. Anzaldúa M.A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia Zaragoza España.
2. Astiasarán I. 2003. Cereales y derivados. En Alimentos composición y propiedades. Ed. Mc Graw Hill Interamericana; Segunda Edición. pp. 135-154. Barcelona España.
3. Badui D. S. 2006. Fructosanas. En Química de alimentos. Ed. Pearson Educativa. Cuarta Edición. pp. 106-109. México.
4. Calaveras J. 2004. Proceso de panificación. En Nuevo tratado de panificación y bollería. Ed. Mundi prensa/AMV ediciones; Segunda Edición. pp. 212-268. Madrid España.
5. Chacón V. A. 2006. Revisión bibliográfica: Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofruetosacáridos. Agronomía Mesoamericana 17(2): 265-286. Costa Rica.
6. Cortés R. M., Chiralt B. Amparo, Puente D. L. 2005. Alimentos funcionales: Una historia con mucho presente y futuro. Vitae, Revista de la facultad de química farmacéutica 12(1):5-14. Colombia.
7. Diario oficial de la federación. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
8. Diario oficial de la federación. NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
9. Diario oficial de la federación. NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos
10. Diario oficial de la federación. NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

11. Diario oficial de la federación. NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
12. Edel L. A., Rosell C. M. 2007. En: De tales panes, tales harinas. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Hugo Báez Editor. Primera edición. pp. 19-34. Córdoba, Argentina.
13. Ferrer L. B., Dalmau S. J. 2001. Alimentos funcionales: probióticos. Acta pediátrica española 59(3): 150-152. Valencia, España.
14. Fox B. A., Cameron A.G. 2006. Alimentos que contienen carbohidratos. En Ciencia de los alimentos Nutrición y Salud. Ed. Limusa Noriega Editores. pp. 135-169. México.
15. Garduño L. A., Morales V. V. 2005. Fibras dietéticas: Beneficios para la salud y oportunidades de negocio en México. Panorama, Mundo alimentario: 4-18. México.
16. Hernández G., Serra M. 2010. Trigo y pan en la vida y la historia del hombre. En Libro Blanco del Pan. Ed. Médica Panamericana. pp.15-18. Madrid, España.
17. Kirk, R. S., Sawyer R., Egan, H. 2004. Cereales y harinas. En Composición y análisis de alimentos de Pearson. Ed. Compañía Editorial Continental. Segunda Edición. pp. 311-347. México.
18. Madrigal L., Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes clave en alimentos funcionales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 57(4): 387-396. Caracas, Venezuela.
19. Mazza, G.; 2000; Salvado de trigo con función fisiológica y aspectos normativos de los productos funcionales. En Alimentos funcionales,



- Aspectos bioquímicos y de procesado. Ed. Acribia, S.A. Primera edición. pp. 39-66, 401-410. España.
20. Mc Gee, J. H.; 2007; Masas y batidos de cereales. En la cocina y los alimentos. Enciclopedia de la ciencia y la cultura de los alimentos. Ed. Debate; Primera Edición. Pp. 544-574. Barcelona España.
21. Migueles, C. H.; 2009; Aplicación de inulina de dalia y de achicoria en el desarrollo de productos alimenticios. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional. México.
22. Norma mexicana. NMX-F-442-1983. Alimentos. Pan-productos de bollería. Food. Breadbakery Products. Normas mexicanas. Dirección general de Normas.
23. Ramírez F. B. 2007. Alimentos funcionales: inulina, oligofructosa y polidextrosa como prebióticos. Pp 1-7. Bogotá, Colombia.
24. Sheasby, A.; 2005; El pan a lo largo de los siglos. En The big book of bread. Ed. Blume. Pp 6-20. España.
25. Taranto M. P., Médici M., Font V. G. 2005. Alimentos funcionales probióticos. Revista Química Viva 1(4): 26-32. Argentina
26. Vaclavik, V. A.; 2002; Pan, cereales, arroz y pasta. En Fundamentos de ciencia de los alimentos. Ed. Acribia; Primera edición. Pp. 75-97, 313-338. Zaragoza, España.
27. Vollmer, G., Josst G., Schenker D. Sturm W. 1999. Fibra dietética. En Elementos de bromatología descriptiva. Ed. Acribia S. A. Pp. 37-43, 155-188. Zaragoza, España.
28. Webb, G. P.; 2006; Alimentos funcionales. En Complementos Nutricionales y Alimentos funcionales. Ed. Acribia S. A. Pp. 251-274. Zaragoza, España.

## 12. ANEXOS

### 12.1. Cuestionario de preferencias de consumo

Cuestionario			
Nombre y apellido: _____	Edad: _____		
Sexo: _____	Lugar de residencia: _____		
1. ¿Consumes pan? Si ( ) No ( )			
2. ¿Cuántas unidades consumes al día? 1-2( ) 3-4( ) 5-6( ) 7-mas ( )			
3. ¿Qué tipo de pan prefiere?			
Francés ( )	bolillo ( )	torta ( )	pan de mantequilla ( )
Telera ( )	pan de molde ( )	otros ( ) _____	
4. El pan para usted es:			
Secundario _____	Primordial _____		
5. El sabor para usted al momento de la compra de éste es:			
Extremadamente importante ( )	Muy importante ( )	De cierta importancia ( )	
No muy importante ( )	No tiene importancia ( )		
6. El pan como complemento nutricional es:			
Excelente ( )	Bueno ( )	Regular ( )	Mala ( )
8. Si el precio del pan se incrementara, usted:			
Definitivamente lo compraría ( )	Quizás lo compraría ( )	No estaría Seguro ( )	
Quizás no lo compraría ( )	Definitivamente no lo compraría ( )		
9. ¿Qué opina usted de la elaboración de panes con fibra?			
_____			
_____			

## 12.2. Cuestionario de evaluación sensorial del pan

	CALIFICACION	APARIENCIA	SABOR	COLOR	OLOR	TEXTURA
5	ME GUSTA MUCHO					
4	ME GUSTA LIGERAMENTE					
3	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA					
2	ME DISGUSTA LIGERAMENTE					
1	ME DISGUSTA MUCHO					

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

## 12.3. Cuestionario de evaluación sensorial de la miga del pan adicionado con 5% de inulina

	CALIFICACION (del 1 al 5)	Observaciones: _____
La apariencia de la miga		_____
El color de la miga		_____
El sabor de la miga		_____
La textura de la miga		_____
El aroma del pan		