

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“ELABORACIÓN DE UN PAN GOURMET ENRIQUECIDO EN HIERRO  
PROVENIENTE DE PRODUCTOS NATURALES”**

**Por:**

**MARÍA DEL PILAR ESTRADA GARCÍA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:  
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Abril del 2013**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“ELABORACIÓN DE UN PAN GOURMET ENRIQUECIDO EN HIERRO  
PROVENIENTE DE PRODUCTOS NATURALES”**

**TESIS:**

**Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Presentada por:**

**MARÍA DEL PILAR ESTRADA GARCÍA**

**APROBADA:**



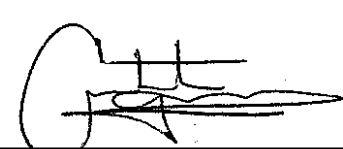
**Lic. Laura Olivia Fuentes Lara**

**Presidente del Jurado**



**Dr. Adalberto Benavides Mendoza**

**Sinodal**



**Dr. Antonio F. Aguilera Carbó**

**Sinodal**



**Dr. Ramiro López Trujillo**

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**



**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Abril del 2013**

## AGRADECIMIENTOS

Para la única persona que nunca me ha abandonado, que siempre ha estado ahí cuando más lo necesito, que me ha guiado en todo este camino recorrido, que siempre está al pendiente de todo lo que me pasa y me escucha siempre aunque sean altas horas de la noche, que siempre me recibe con una sonrisa aunque veces yo no me tome un minuto para saludarlo, que me dio fuerzas, valentía y coraje para terminar mi carrera profesional. Pero sobre todo el que siempre me da esperanzas, salud y fuerza para seguir adelante, y que las palabras quedan cortas para agradecerle lo bastante que me da día a día, es a ti mi **DIOS**.

A mis hermanos por haber puesto su confianza en mí, por haberme apoyado a lo largo de toda mi carrera, por estar siempre ahí al pendiente de todo, por sus palabras y sobre todo el apoyo económico que me han brindado, muchas gracias **Luis, Lety, Eliz, Diana y Paco**.

A todos los maestros que me ayudaron a formarme profesionalmente a lo largo de mi carrera profesional, especialmente a la **Dr. Lourdes Morales Caballero** por sus palabras, consejos y esa fuerza e inspiración que me brindo para superar mis propias desconfianzas y ejercer con valores y ética mi vida tanto profesional como social. Gracias por ese abrazo que me dio cuando más los necesite.

A la persona que hizo posible este trabajo **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara**, por todo ese apoyo y conocimiento que me brindo como maestra y asesora de tesis, por su paciencia, dedicación y por todo el tiempo brindado, muchas gracias Maestra.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza**, por su gran apoyo y colaboración al presente trabajo.

Al **Dr. Antonio Aguilera Carbó**, por su colaboración.

Al T. A **Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel**, por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo en el laboratorio.

Al **Laboratorio de Nutrición Animal**, por la disponibilidad en las instalaciones y equipo.

A mis amigas, que fueron mi familia durante años, gracias **Angélica Reyes Sánchez, Celene Vidal Montero, Modesta Herrera Silva, Verónica Hernández**.

A todas esas personas que conocí y que fueron parte de mi vida, durante mi estancia en la universidad, a todos mis amigos **Osiel Garfías, Omar Escobedo, Fredy Herrera, Yahir Ventura, Alejandro Rebollar, Nico Orozco, Eydin Gómez, José Madrigal, Fernando Sánchez, Celso Morales, Carlos Hernández, Raúl Ramos, Robert Díaz, Ariel Nasaimea, Marcos Pérez, Ángel Alvarado, Lupita Garay, Daicy Martínez, Jennifer Garduño, Brissia** y a todos los que me faltaron por mencionar, gracias por su amistad.

A **Clara Sánchez García** por haber compartido sus conocimientos y apoyarme cuanto más lo necesite en las materias, a **Jonathan Almanza Hernández** por su incomparable amistad, por todas esas risas, por haber sido una de las personas que hizo más amena mi estancia en saltillo y por soportarme tanto.

A **Víctor Madrigal**, gracias por haberme enseñado una gran lección.

A una gran amiga, hermana, madre, confidente que fue de gran ayuda para realizar este trabajo, que estuvo ahí al pendiente en todo momento, por sus consejos, regaños, por su tiempo, por haberme cambiado de humor y por ser una gran persona, muchas gracias **Alejandra Luna Jiménez**.

A **Isis Tirado Ochoa**, una excelente persona y amiga, que sin duda dejó huella en mi vida muchas gracias por haber estado en los momentos más difíciles y felices de mi vida.

**María Elena Velázquez Arellano**, gracias por tu compañía y amistad, gracias por compartir un tiempo de tu vida conmigo, gracias por los consejos, risas, por todos esos momentos de angustia y felicidad que vivimos.

A la única persona que me ha dado tanta felicidad en mi vida, que ha dejado huella en mi corazón y que me enseñó tantas cosas en tan poco tiempo, gracias por haberme hecho tan feliz **Alejandro Reyes**.

## DEDICATORIAS

Sin duda alguna para las personas que nunca fallan, que estuvieron ahí para levantarme cuando no podía más y que sin ellas jamás habría logrado este gran paso en mi vida a ustedes **Virgencita de Guadalupe y a mi Dios.**

A los seres que más amo en esta tierra, que son mi única y gran inspiración para todo, que siempre cuando han podido me han brindado todo sin esperar nada a cambio, a ustedes les dedico todos mis triunfos, gracias por haberme dado este hermoso regalo que es la vida, gracias por ser los mejores padres del mundo, gracias por su confianza y esfuerzos, mis padres **Celia García Arteaga y Ángel Estrada Vilchis.**

A **María del Pilar Estrada García** le dedico este logro más en su vida, por todo el esfuerzo, dedicación y trabajo realizado durante toda esta etapa, por haber confiado y creído en sí misma. Por todo ese valor que ha tenido para superar sus miedos.

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme acogido y ser mi hogar durante estos cuatro años y medio de mi carrera profesional, es un orgullo haber estudiado en la Antonio Narro.

A ustedes hermanos, todos los esfuerzos realizados hoy se ven reflejados aquí, muchas gracias por apoyarme en esta etapa, **Luis, Paco, Lety, Eliz y Diana.**

A todos mis maestros que me ayudaron a formarme, desde kínder hasta la Universidad, les dedico este logro, que sin ustedes no hubiera sido posible.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Justificación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivo específico .....	4
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Pan Gourmet .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Cualidades Nutritivas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Levadura.....</b>	<b>5</b>
2.3.1 Historia .....	5
2.3.2 Descripción.....	6
2.3.3 Usos .....	6
2.3.4 Clasificación .....	6
2.3.4.1 Levadura natural o levadura de masa.....	7
2.3.4.2 Levadura comercial o levadura de panadería .....	7

2.3.4.3 Levaduras químicas o impulsores de masas .....	7
2.3.5 Funciones de la levadura en panificación .....	7
2.3.6 Necesidades de la levadura para actuar .....	7
2.3.7 Enzimas de la levadura.....	8
<b>2.4 Agua.....</b>	<b>8</b>
2.4.1 Funciones del agua en panificación .....	8
2.4.2 Composición .....	9
<b>2.5 Sal .....</b>	<b>9</b>
2.5.1 Características de la sal.....	9
2.5.2 Funciones de la sal en panificación .....	9
<b>2.6 Harinas .....</b>	<b>10</b>
2.6.1 Descripción.....	10
2.6.2 Clasificación de las harinas .....	10
2.6.3 Composición de las harinas .....	11
2.6.4 Características de la calidad de las harinas .....	112
2.6.4.1 Color.....	112
2.6.4.2 Fuerza .....	112
2.6.4.3 Tolerancia.....	112
2.6.4.4 Absorción .....	112
2.6.5 Tipos de harina .....	112
2.6.5.1 Harinas Extra Fuertes.....	13
2.6.5.2 Harinas Fuertes .....	13
2.6.5.3 Harinas Débiles .....	13
2.6.5.4 Harinas Especiales .....	13
2.6.5.4.1 Harinas Morenas .....	13

2.6.5.4.2 Harina Integral.....	13
2.6.5.4.3 Harina de Centeno .....	13
<b>2.7 Ingredientes enriquecedores .....</b>	<b>13</b>
2.7.1 Azúcares.....	13
2.7.1.1 funciones del azúcar en panificación .....	14
2.7.2 Materias Grasas .....	14
2.7.2.1 Características de las grasas.....	14
2.7.2.2 Clasificación .....	14
2.7.2.3 Funciones de la grasa en panificación.....	14
2.7.2.4 Usos .....	15
2.7.3 Leche.....	15
<b>2.8 Ingredientes Alternativos .....</b>	<b>15</b>
2.8.1 Aditivos o mejoradores .....	15
2.8.2 Harina de Malta .....	15
<b>2.9 ESPINACA (<i>Spinacea oleracea</i> L).....</b>	<b>16</b>
2.9.1 Origen.....	16
2.9.2 Importancia económica y distribución geográfica.....	16
2.9.3 Taxonomía y Morfología .....	17
2.9.4 Material Vegetal.....	18
2.9.5 Valor Nutricional .....	19
2.9.6 Descripción.....	20
<b>2.10 ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i> L).....</b>	<b>21</b>
2.10.1 Historia .....	21
2.10.2 Producción.....	21
2.10.3 Descripción.....	21



2.10.4	Clima .....	22
2.10.5	Siembra .....	22
2.10.6	Cosecha .....	22
2.10.7	Usos .....	223
<b>2.11</b>	<b>Pan .....</b>	<b>223</b>
2.11.1	Historia .....	223
2.11.2	Definición .....	24
2.11.3	Métodos de elaboración de pan de caja integral .....	24
2.11.4	Tipos de Pan .....	25
2.11.4.1	Pan Común .....	25
2.11.4.1.1	Pan Bregado .....	25
2.11.4.1.2	Pan de flama o de miga blanda .....	25
2.11.4.2	Pan especial .....	25
2.11.4.2.1	Pan integral .....	25
2.11.4.2.2	Pan de Viena o pan Francés .....	25
2.11.4.2.3	Pan de molde o americano .....	26
2.11.4.2.4	Pan de Cereales .....	26
2.11.4.2.5	Pan de huevo, pan de leche, pan de miel, pan de pasas, entre otros .....	26
2.11.5	Papel de la fermentación en el pan .....	26
2.11.6	Agentes de la fermentación .....	26
2.11.7	Transformaciones enzimáticas y químicas .....	27
2.11.8	Cambios bioquímicos que ocurren durante el horneado de pan. ....	28
2.11.9	Valor nutricional del Pan .....	30
<b>2.12</b>	<b>Hierro .....</b>	<b>33</b>

2.12.1 Función.....	33
2.12.2 Absorción.....	33
2.12.3 Efectos de la deficiencia de hierro .....	34
2.12.4 Biodisponibilidad del hierro .....	35
<b>2.13 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.....</b>	<b>335</b>
2.13.1 Características Generales .....	36
2.13.2 Requerimientos nutricionales .....	37
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
3.1 Materia Prima .....	38
3.2 Materiales y Equipo .....	39
3.2.1 Material y equipo para la elaboración de pan integral .....	39
3.2.2 Material y equipo para realizar el análisis proximal de los panes. ....	39
3.3 Reactivos .....	40
3.4 Metodología .....	41
3.4.1 Localización.....	41
3.4.2 Formulaciones para el pan integral .....	41
3.4.3 PROCEDIMIENTO .....	42
3.4.3.1 Procedimiento para elaboración de los panes. ....	42
3.4.3.2 Procedimiento para el análisis proximal de los panes (Métodos AOAC 1983).....	43
3.4.3.2.1 PREPARACIÓN PARA LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE PAN .....	44
3.4.3.2.2 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL O SÓLIDOS TOTALES.....	45
3.4.3.2.3 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL .....	46
3.4.3.2.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA .....	48

3.4.3.2.5 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS MÉTODO MACROKJELDHAL.....	49
3.4.3.2.6 CENIZAS TOTALES (MINERALES) .....	51
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
4.1 Materia Seca Total.....	52
4.2 Humedad .....	53
4.3 Cenizas.....	54
4.4 Extracto Etéreo o grasa total.....	55
4.5 Fibra Cruda.....	56
4.6 Proteína .....	557
4.7 Hierro.....	58
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Composición media de las harinas panificables.....	11
<b>Cuadro 2.</b> Principales países productores de espinaca .....	17
<b>Cuadro 3.</b> Composición nutritiva de las espinacas por 100 g de producto comestible.....	20
<b>Cuadro 4.</b> Tiempo de horneado del pan, de acuerdo a su peso .....	28
<b>Cuadro 5.</b> Composición nutricional del pan integral de trigo .....	31
<b>Cuadro 6.</b> Componentes dietarios que afectan la absorción intestinal de hierro inorgánico .....	334
<b>Cuadro 7.</b> Taxonomía de <i>S. cerevisiae</i> .....	36
<b>Cuadro 8.</b> Composición de materia seca.....	37
<b>Cuadro 9.</b> Ingredientes para elaboración de pan integral .....	41
<b>Cuadro 10.</b> Formulaciones para el pan integral .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Imagen Espinaca ( <i>Spinacea oleracea</i> L) .....	16
<b>Figura 2.</b> Imagen Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> L) .....	21
<b>Figura 3.</b> Imagen de pan integral con espinaca y albahaca .....	42
<b>Figura 4.</b> Imagen Secado del pan.....	44
<b>Figura 5.</b> Imagen Determinación de materia seca total.....	45
<b>Figura 6.</b> Imagen Determinación de grasa.....	46
<b>Figura 7.</b> Imagen Determinación de fibra cruda.....	48
<b>Figura 8.</b> Imagen Determinación de proteínas.....	49
<b>Figura 9.</b> Imagen del equipo con el cual se determinó el hierro .....	51
<b>Figura 10.</b> Contenido de materia seca total en los panes .....	52
<b>Figura 11.</b> Contenido de humedad en los panes .....	53
<b>Figura 12.</b> Contenido de cenizas en los panes .....	54
<b>Figura 13.</b> Contenido de grasa en los panes .....	55
<b>Figura 14.</b> Contenido de fibra en los panes .....	56
<b>Figura 15.</b> Contenido de proteína en los panes.....	57
<b>Figura 16.</b> Contenido de hierro en los panes.....	58

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue aumentar el valor nutricional de pan de molde, el cual fue elaborado con harina integral, adicionando espinaca para aumentar su contenido en hierro. Además albahaca para proporcionar un aroma y sabor diferente al pan. Para ello se laboraron 4 panes integrales, adicionando a la receta, espinaca y albahaca. Las formulaciones fueron en relación de porcentaje de contenido, 0-0 espinaca-albahaca (control), 15-15 espinaca-albahaca, 25-15 espinaca-albahaca y 35-15 espinaca-albahaca. A cada una de las formulaciones se les realizó un análisis proximal, que incluye materia seca total y humedad, mostrándose diferencia significativa, solo en la formulación 15-15 espinaca-albahaca. En cuanto a cenizas, revelando diferencia en la muestra control, para extracto etéreo, hubo diferencias en las muestras control y 15-15 espinaca-albahaca. Tanto para fibra cruda como para proteína no existió diferencia en ninguna de las formulaciones. En cuanto al hierro se mostró un aumento en las muestras control, 15-15 espinaca-albahaca, 25-15 espinaca-albahaca, mientras que en la formulación 35-15 se presenta un descenso en el contenido de hierro. La formulación que presento mayor contenido de hierro en el pan, fue la formulación de 25-15 espinaca-albahaca con  $59.0 \text{ mg/L}^{-1}$

**PALABRAS CLAVE:** Pan gourmet, cualidades nutritivas, hierro.

## 1. INTRODUCCIÓN

El pan constituye la base de alimentación desde hace 7000 u 8000 años (13). En la actualidad el pan es un alimento básico en la dieta del mexicano, además de ser una tradición gastronómica, forma parte esencial de la economía mexicana, por su bajo costo, lo que lo hace estar al alcance de cualquier persona.

El pan proporciona carbohidratos en forma de almidón, proteínas vegetales procedentes del grano del cereal, en el pan de trigo abunda una proteína denominada gluten, que hace posible que la harina sea panificable, aceites, fibras de celulosa, algunas vitaminas del grupo B (tiamina o B1, riboflavina o B2, piridoxina o B6 y niacina, necesarias para el aprovechamiento de hidratos de carbono, proteínas y grasas, entre otras funciones), además minerales, como (fosforo, magnesio, zinc, hierro, potasio).

La espinaca (*Spinacea oleracea* L y sus variedades) es un alimento bajo en calorías, con bajo contenido de grasas, relativamente bajo en proteínas y buen aportador de fibra y micronutrientes como vitamina C, vitamina A y minerales, especialmente hierro (73,20). El hierro es un oligoelemento importante que necesita el organismo para la producción de células rojas de la sangre y como un cofactor para las enzimas de oxidación-reducción de citocromo-oxidasa durante el metabolismo celular.

La deficiencia nutricional de ciertos minerales como el hierro afecta a la población a escala mundial con graves efectos sobre la salud dependiendo fundamentalmente del grado de incidencia y de la magnitud de la deficiencia. La espinaca es una de las hortalizas con mayor contenido de hierro biodisponible.

La alta prevalencia de la carencia de hierro ha sido bien documentada en diferentes regiones haciendo de ésta, tal vez, la deficiencia nutricional más difundida en el mundo. En todos los países, los lactantes entre los 6 y 18 meses de edad y las mujeres embarazadas aparecen como los grupos más vulnerables (43). En estudios patrocinados por la OMS en diferentes partes del mundo, el

porcentaje de mujeres embarazadas con anemia osciló entre 21 % y 80 %, y el porcentaje con deficiencia de hierro fue más alto aún (40 % a 99 %) usando la saturación de la transferrina bajo 15 % como criterio de deficiencia (76). En niños, en estudios en Sudamérica el porcentaje con anemia ha variado entre un 15 % y un 50 % (43).

Últimamente, han comenzado a documentarse efectos antes no reconocidos y posiblemente independientes de la anemia que van desde la disminución en la capacidad de trabajo físico y el rendimiento intelectual (39,75) hasta una alteración de la inmunidad celular (42) y una mayor frecuencia de infecciones (6). Debido a la magnitud que alcanza la deficiencia nutricional de hierro, los esfuerzos deben encaminarse hacia la prevención.

El ideal de prevención de una deficiencia nutricional es a través del consumo de una dieta adecuada, sin embargo, en el caso del hierro es difícil de alcanzar en todos los individuos, ya sea porque la dieta habitual es pobre en hierro o porque el hierro de esa dieta se absorbe mal. La alternativa es la suplementación ya sea en forma de hierro medicamentoso o mediante el enriquecimiento de alimentos. La suplementación con hierro medicamentoso por vía oral es poco practicable en gran escala, porque requiere de la administración diaria del medicamento por periodos prolongados de tiempo. Esto es difícil o imposible de lograr en poblaciones de bajo nivel cultural.

La administración de hierro de depósito, además de requerir la vía prenatal, se ha visto asociada a un número considerable de reacciones secundarias por lo que no se presta para programas masivos de salud pública. Por estos motivos grupos de expertos han concluido que el método más práctico para eliminación de la deficiencia de hierro en una comunidad es probablemente el enriquecimiento de los alimentos con hierro. Se deben desarrollar procedimientos prestando atención a la forma de hierro empleado, el alimento al cual se agrega, la cantidad de ese alimento consumido por los diferentes segmentos de la población, la adecuada absorción de hierro de la dieta, y la aceptabilidad del procedimiento por parte de los consumidores y de la industria alimentaria (43).



## **1.1 Justificación**

La anemia ferropénica es una de las enfermedades carenciales de mayor prevalencia en vías de desarrollo y en menor cuantía, en los países más desarrollados del mundo. Los grupos de población de mayor riesgo son los niños, los adolescentes y las mujeres en edad reproductiva, esto es resultado de la interacción de múltiples factores etiológicos que conducen a un desequilibrio entre los requerimientos del hierro que se ingiere, se absorbe y se utiliza. El enriquecimiento de los alimentos con hierro, es una de las estrategias a largo plazo más rentable para reducir la prevalencia de la deficiencia en hierro.

En base a lo expuesto anteriormente, el desarrollo de este trabajo se enfocó en la elaboración de un pan integral enriquecido con hierro, adicionando a la receta tradicional, espinaca y albahaca. La espinaca se utilizó debido a que es una de las hortalizas con mayor cantidad de hierro biodisponible, mientras que la albahaca se utilizó para dar un aroma y sabor diferente al pan, debido a sus compuestos aromáticos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Elaborar un pan gourmet enriquecido en hierro para mejorar su calidad nutritiva.

### **1.2.2 Objetivo específico**

Determinar la cantidad de hierro que contiene el pan elaborado con espinaca y albahaca.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Pan Gourmet**

Cuando un alimento se considera gourmet, se refiere a “pan de autor”, elaborado con técnicas artesanales personalizadas.

### **2.2 Cualidades Nutritivas**

Un alimento con cualidades nutritivas, es aquel que aporta un beneficio para la salud del consumidor.

Por Nutriente se entiende cualquier sustancia normalmente consumida como un constituyente del alimento:

- a) Que proporciona energía; o
- a) Que sea necesaria para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de una vida sana; o
- b) Cuya deficiencia hace que se produzcan cambios bioquímicos y fisiológicos característicos.

### **2.3 Levadura**

#### **2.3.1 Historia**

La historia de la levadura para panificación comienza con los egipcios 2000 años antes de nuestra era. Son organismos unicelulares microscópicos, que pertenecen a la familia de los hongos. Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y para uso industrial se seleccionan especies especiales para su uso en panificación, industria cervecera, entre otros. En 1674 Anton van Leeuwenhoek, científico holandés lo observó por microscopio (de su invención) (85).

En 1850 Louis Pasteur descubrió los gránulos como plantas vivas unicelulares y comprendió que las células utilizan azúcares (hidratos de carbono) para su desarrollo y que liberan además sustancias en el medio que las rodea. En 1870, se empezó a fabricar en Holanda la levadura para panificación en la fábrica holandesa de levadura y alcoholes. La empresa, fundada por el señor J.C

Van Marken, dedicó gran atención a una investigación básica al aumento de calidad en la levadura para panificación (85).

En 1945, se introdujo al mercado la levadura deshidratada destinada especialmente a la exportación, constituyó un concepto de calidad para los panaderos de todo el mundo. En 1972 se introdujo la levadura instantánea (una segunda generación de fermentos en estado seco) que ofrece al panadero una óptima facilidad en su uso y constante poder fermentativo (85).

### **2.3.2 Descripción**

En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa que produce enzimas, importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante la fermentación de diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares, producen etanol y CO<sub>2</sub>. Este CO<sub>2</sub> queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta su volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa (40, 72,31). Los microorganismos presentes en la levadura son los responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, con una cierta acidez.

### **2.3.3 Usos**

Una de las levaduras más conocidas en panificación es la especie *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura tiene la facultad de crecer en forma anaerobia realizando fermentación alcohólica, siendo utilizada además en otros procesos de fermentación industrial, por ejemplo en la producción de cerveza, vino, antibióticos, entre otros (74).

### **2.3.4 Clasificación**

Tipos de levaduras utilizadas en panificación

#### **2.3.4.1 Levadura natural o levadura de masa**

Se prepara a partir de la microbiota de la propia harina. Para ello, en 3 o 4 etapas sucesivas, se mezclan la harina y agua, se amasan y se deja reposar la masa para que fermente de modo espontáneo. Poco utilizada en la actualidad como levadura única, salvo en elaboraciones artesanales muy concretas, tiene su principal aplicación en la elaboración de la masa madre empleada en el sistema de elaboración mixto (72), puede encontrarse en dos tipos de presentaciones: fresca y desecada.

#### **2.3.4.2 Levadura comercial o levadura de panadería**

Se prepara industrialmente a partir de cultivos puros generalmente de *Saccharomyces cerevisiae*. Se comercializa en distintas formas: prensada, líquida, deshidratada activa o instantánea, en escamas. Tiene aplicación en todos los sistemas actuales de elaboración de pan (16).

#### **2.3.4.3 Levaduras químicas o impulsores de masas**

También llamadas por el Código Alimentario gasificantes que básicamente consisten en la mezcla de un ácido (cítrico o tartárico) y un compuesto alcalino (carbonato) que con el amasado y el calor de la cocción reaccionan generando CO<sub>2</sub>, confiriendo volumen y esponjosidad a la masa. Su aplicación real corresponde más a pastelería que a la panificación (40,63). Se diferencia de la biológica en que su efecto es mucho más rápido.

#### **2.3.5 Funciones de la levadura en panificación**

Hace posible la fermentación, produciendo alcohol y gas carbónico, aumenta el valor nutritivo al suministrar el pan proteína suplementaria. Convierte a la harina cruda en un producto ligero y da sabor característico al pan.

#### **2.3.6 Necesidades de la levadura para actuar**

- Azúcar, como fuente de alimento.
- Humedad, sin agua no puede asimilar ningún alimento.
- Materias nitrogenadas, necesita nitrógeno y lo toma de la proteína de la harina.

- Minerales, la levadura necesita sales minerales para una actividad vigorosa.
- Temperatura adecuada, mantenerlo refrigerado hasta el momento de su uso.

### 2.3.7 Enzimas de la levadura

La levadura cuenta en su organización con un conjunto de enzimas las cuales son un principio activo y le permiten metabolizar y reproducirse. Las enzimas de la levadura actúan como catalizadores en la fermentación ayudándolo a la conversión de algunos azúcares compuestos a azúcares simples y fácilmente digeribles por la levadura (71). Las enzimas que hay en la levadura son las siguientes:

- **Proteasa**, ablanda el gluten actuando sobre la proteína
- **Invertasa**, actúa sobre los azúcares compuestos
- **Maltasa**, actúa sobre la maltosa
- **Zimasa**, actúa sobre los azúcares simples

## 2.4 Agua

A pesar de su sencilla apariencia, el agua es una sustancia compuesta. Se trata de una combinación de dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno. A temperaturas entre 0 y 100°C, se presenta en estado líquido, pero a más de 100°C su estado es gaseoso (vapor de agua) y a menos de 0°C se solidifica (hielo).

“El tipo de agua a utilizar debe ser alcalina, es aquella agua que usualmente utilizamos para beber. Cuando se amasa harina con la adecuada cantidad de agua, las proteínas gliadina y glutenina al mezclarse forman el gluten unidos por un enlace covalente que finalmente será responsable del volumen de la masa” (27).

### 2.4.1 Funciones del agua en panificación

**Formación de la masa:** Es el componente mayoritario de la masa, actuando como vehículo de transporte para que los ingredientes al mezclarse formen la masa. También hidrata el almidón que junto con el gluten y trabajo mecánico

del amasado se le confiere a la masa características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio (17).

**Fermentación:** para que las enzimas puedan actuar se requiere de la presencia de agua para que pueda difundirse a través de la pared o membrana que rodea la célula de la levadura. El agua hace posible la propiedad de plasticidad y extensibilidad de la masa, de modo que pueda crecer por la acción del gas producido en la fermentación.

**Efecto en el sabor y la frescura:** el agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan.

#### **2.4.2 Composición**

La calidad y composición del agua influyen en la formación de la masa. Se sabe que aguas con carácter ácido endurecen la red de gluten, mientras que las alcalinas suavizan la masa. De ahí que a veces se empleen aguas minerales o filtradas en la elaboración del pan para evitar que estos factores afecten negativamente a la masa final, por ejemplo inhibiendo la actuación de las levaduras.

#### **2.5 Sal**

La sal es un compuesto químico formado por cloro y sodio (27).

##### **2.5.1 Características de la sal**

- Granulación fina
- Poseer una cantidad de yodo moderada para evitar trastornos orgánicos
- Garantizar una pureza por encima del 95 % y ser blanca

##### **2.5.2 Funciones de la sal en panificación**

Su objetivo principal es dar sabor al pan (18). Es importante porque hace la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan (17). Además refuerza los aromas propios del pan, evita fermentaciones

indeseables dentro de la masa. La sal contribuye también de una forma indirecta a la formación del color marrón característico de la corteza (45), debido a que retarda la fermentación, generando un exceso de azúcares que durante el horneado favorecen la formación de los colores dorados de la corteza. Controla la actividad de la levadura y tiene una acción bactericida sobre microbios indeseables en el proceso. No permite fermentaciones indeseables dentro de la masa. Las proporciones recomendables de sal a utilizar son: desde 1.5 hasta 3 %.

## **2.6 Harinas**

### **2.6.1 Descripción**

La harina es un ingrediente principal del pan. La más adecuada en panificación es la obtenida de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. La harina recién molida no es la más adecuada para panificar. Es preciso que transcurra un tiempo de almacenamiento, para que se produzcan cambios relacionados con la oxidación y que son beneficiosos para la panificación. También es necesario que toda la harina sea de una maduración uniforme. El tiempo que tarda una harina en madurar depende de la aireación y de la temperatura ambiente, siendo en los meses de invierno el envejecimiento más lento (74).

El 85 % de las proteínas de las harinas son gliadinas (proporcionan cualidad pegajosa a la masa) y gluteninas (proporcionan resistencia y fortaleza), proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad de aglutinarse cuando son mezcladas con agua originando una red o malla. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que (salvo rara las excepciones como el centeno) no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificables las harinas de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan (74).

### **2.6.2 Clasificación de las harinas**

El porcentaje de pan de gluten define a veces los tipos de harina: (15, 25,37) las harinas fuertes (contenido en gluten superior al 11 %) absorben mucha agua y



dan masas consistentes y plásticas y panes de volumen, aspecto y textura. Por el contrario, las harinas débiles son harinas no aptas para la elaboración de pan pero sí para la elaboración de galletas y pastas alimenticias.

Otra clasificación empleada para las harinas es:

Cero (0), Dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000).

La harina 000 se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma.

La harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, en batido de tortas, hojaldres, entre otros.

Una buena harina debe de contener proteína en cantidad y calidad adecuada para que cuando hidrate produzca un gluten satisfactorio respecto a la elasticidad, resistencia y estabilidad, propiedades satisfactorias de gasificación y actividad amilásica, porcentaje de humedad adecuada, no puede superar el 16 % para tener seguridad en el ensilaje, y color satisfactorio (85).

### 2.6.3 Composición de las harinas

**Cuadro 1: Composición media de las harinas panificables**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	13-15
Proteínas	9-14 (85 % gluten)
Almidón	68-72
Cenizas	0.5-0.65
Materias grasas	1-2
Azúcares fermentables	1-2
Materias celulósicas	3

FUENTE: Mesas y Alegre. 2002

## **2.6.4 Características de la calidad de las harinas**

La calidad de una harina está directamente relacionada con el tipo de trigo del cual procede y el tratamiento que ha recibido durante el proceso de molienda.

### **2.6.4.1 Color**

Debe ser un color marfil. Las harinas recién molidas presentan un color amarillento, pero a medida que pasa el tiempo la harina va adquiriendo un color más claro por la acción del oxígeno del aire sobre ciertos pigmentos que le daban el tono amarillento original. El porcentaje de extracción también determina el color de la harina. Mientras más alta es la extracción, mayor cantidad de partículas de salvado tendrá y por lo tanto será más oscura (85).

### **2.6.4.2 Fuerza**

Se refiere a la cantidad y calidad de las proteínas que poseen. De acuerdo a esto representarán mayor o menor capacidad para resistir el trabajo mecánico durante el amasado, corte, ovillado, sobado, retener gases de la fermentación y dar pan de buen volumen y presentación (85).

### **2.6.4.3 Tolerancia**

Se refiere a la capacidad para soportar fermentaciones largas (85).

### **2.6.4.4 Absorción**

Se relaciona con la capacidad para absorber y retener agua.

## **2.6.5 Tipos de harina**

De acuerdo al uso a que se destinen las harinas se clasifican básicamente según el porcentaje de proteínas que posean. En esta clasificación tiene especial importancia una sustancia llamada "gluten". El gluten se forma por la unión de dos proteínas que posee la harina, estas son la Gliadina y la Glutenina. Esta unión se verifica durante el proceso de amasado. El gluten es de gran importancia, ya que su cantidad y calidad dependerá en gran medida la calidad de la harina y el uso al cual se destinará (85).

### **2.6.5.1 Harinas Extra Fuertes**

Son aquellas que tienen un alto porcentaje de proteínas (sobre 13 %). Se obtiene de trigos duros y se destinan principalmente a la elaboración de pastas y fideos.

### **2.6.5.2 Harinas Fuertes**

Tienen porcentajes de proteínas entre un 10 a 13 %. Se destinan a panificación.

### **2.6.5.3 Harinas Débiles**

Tienen porcentajes de proteínas entre un 7 a 8 %. Se usan en la elaboración de productos de bizcochería y galletas. No son aptas para panificación.

### **2.6.5.4 Harinas Especiales**

#### **2.6.5.4.1 Harinas Morenas**

Tienen porcentajes de extracción superior al 85 % por lo cual tienen un color más oscuro por la presencia de partículas de salvado de trigo.

#### **2.6.5.4.2 Harina Integral**

Es aquella que contiene todas las partes del grano, incluido el germen, por lo cual es un alimento muy nutritivo.

#### **2.6.5.4.3 Harina de Centeno**

Se obtiene del trigo-centeno y se emplea en la elaboración de algunas variedades de panes especiales y regionales.

## **2.7 Ingredientes enriquecedores**

Son aquellos que se agregan a la masa para mejorar características de sabor, color, aroma, volumen, conservación, valor nutritivo.

### **2.7.1 Azúcares**

Los tipos más empleados son la sacarosa o azúcar de caña y la maltosa que se encuentra en la harina de malta y en el extracto de la malta.

### **2.7.1.1 funciones del azúcar en panificación**

- Sirve como alimento para la levadura
- Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan para que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida de agua.
- Mejora el sabor
- Ayuda a la conservación y aumentar el valor nutritivo

### **2.7.2 Materias Grasas**

#### **2.7.2.1 Características de las grasas**

- Elasticidad, que es la dureza.
- Punto de crémor, es la propiedad de incorporar aire en el proceso de batido fuerte, en unión con el azúcar o harina.
- El punto de fusión, es la temperatura por la que es transformada al estado líquido.

#### **2.7.2.2 Clasificación**

Se clasifican de acuerdo a su origen animal o vegetal:

Grasas animales: Manteca de cerdo, mantequilla, cebo de res.

Aceites vegetales: se obtienen del prensado de ciertas semillas como girasol, coco, maní, soya, entre otros.

#### **2.7.2.3 Funciones de la grasa en panificación**

- Constituyen la principal fuente de energía en la dieta humana, pues son el alimento que suministra el mayor número de calorías por cada grano (9 cal por gramo). Se denomina mantecas o aceites según se presenten en estado líquido o sólido.
- Mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante
- Mejora la conservación, la grasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda a mantener fresco al pan.

#### **2.7.2.4 Usos**

En panificación se usan principalmente la manteca hidrogenada, mantequilla y margarina (masas dulces y pastelería). La función de estas materias grasas es aumentar el valor alimenticio, mejorar el sabor y aroma, mejorar el volumen, mejorar la conservación y proporcionar una textura más fina y suave a la miga.

#### **2.7.3 Leche**

En panificación se emplean principalmente leche en polvo y suero de leche en polvo, debido a su facilidad de uso y almacenamiento ayuda a aumentar el valor alimenticio, proporciona una miga suave, mejora el color de la corteza, aumenta la absorción de agua de la masa, mejora el sabor y mejora la conservación.

### **2.8 Ingredientes Alternativos**

Dentro de los ingredientes alternativos se puede mencionar fruta confitada, pasas, nueces, semillas de anís, amapolas, especias, ajo, esencias, crema de relleno, entre otros. Se emplean para mejorar las características de las harinas, o para impartir características especiales de presentación, sabor, aroma, entre otros., en panes típicos regionales o relacionados con festividades populares.

#### **2.8.1 Aditivos o mejoradores**

Existen una amplia gama de aditivos tanto del tipo básico como del tipo multipropósito. Se emplean para mejorar características de absorción de agua, reforzar el gluten, conservación, mejora el color.

#### **2.8.2 Harina de Malta**

Se usa básicamente para proporcionarle a la levadura una provisión extra de alimento (azúcares como maltosa y glucosa), con el cual se intensifica y se vigoriza la producción de gas durante la fermentación, mejorando con esto el volumen del pan. También se obtiene un mejor color de la corteza al producirse una mayor cantidad de azúcares residuales que se caramelizan durante el horneado.

## 2.9 ESPINACA (*Spinacea oleracea* L)



**Figura 1** Imagen Espinaca (*Spinacea oleracea* L)

### 2.9.1 Origen

La espinaca fue introducida en Europa alrededor del año 1000 procedente de regiones asiáticas, probablemente de Persia, pero únicamente a partir del siglo XVIII comenzó a difundirse por Europa y se establecieron cultivos para su explotación, principalmente en Holanda, Inglaterra y Francia; se cultivó después en otros países y más tarde paso a América.

### 2.9.2 Importancia económica y distribución geográfica

El cultivo de la espinaca en **España** se desarrolla fundamentalmente al aire libre en regadío; aunque está más indicado en los invernaderos de las zonas del interior. La producción de espinaca se puede destinar tanto a la industria como al mercado en fresco durante todo el año, mientras que en el norte y centro de Europa el periodo de producción es mucho más reducido (junio-octubre). La quinta parte de la espinaca es transformada por la industria española se destina a la exportación, siendo sus principales destinos los países del norte y centro de Europa, ya que estos son grandes consumidores de espinacas. El cultivo de la espinaca tiene muy buenas expectativas de futuro, especialmente el cultivo para industria debido al creciente mercado.

**Cuadro 2: Principales países productores de espinaca**

<b>Países</b>	<b>Producción espinacas año 2001 (toneladas)</b>	<b>Producción espinacas año 2002 (toneladas)</b>
China	7.411.000	7.811.000
Japón	319.300	320.000
Estados Unidos	283.540	328.180
Turquía	210.000	210.000
Bélgica-Luxemburgo	150.000	110.000
República de Corea	122.000	122.000
Francia	112.419	109.511
Italia	94.825	90.000
Indonesia	85.000	85.000
Pakistán	75.908	77.542
España	60.000	60.000
Alemania	59.453	55.139
Grecia	47.000	47.000
Países Bajos	35.000	40.000
México	27.218	27.000
Bangladesh	27.000	27.000
Portugal	14.000	14.000
Túnez	12.500	12.000
Perú	8.291	11.373
Austria	7.799	10.089
Hungría	7.000	11.000
República Checa	5.280	4.624
Australia	5.000	5.000

FUENTE: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>

### **2.9.3 Taxonomía y Morfología**

**Familia:** *Chenopodiaceae*

**Especie:** *Spinacea oleracea* L.

**Planta:** en una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas

**Sistema radicular:** raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial.

**Tallo:** erecto de 30 cm a 1 m de longitud en el que se sitúan las flores.

**Hojas:** caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo.

**Flores:** las flores masculinas, agrupadas en número de 6-12 en las espigas terminales o axilares presentan color verde y están formadas por un periantio con 4-5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio bio tetradentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma dividido en 3-5 segmentos.

#### **2.9.4 Material Vegetal**

Existen dos variedades botánicas de la espinaca, aunque todas las variedades comerciales cultivadas pertenecen a las de semilla espinosa de hojas triangulares, cuyo limbo es sutil, de dimensiones algo reducidas, superficie lisa y peciolo bastante largo.

Los cultivares se clasifican por sus características morfológicas (color, forma de la hoja, longitud del peciolo) por su resistencia a la subida de flor y por su precocidad.

Las variedades más precoces presentan una menor resistencia a la subida de flor



por lo tanto son empleadas en siembras a finales de verano y otoño-invierno. Las variedades menos precoces son más resistentes a la subida de la flor y se siembran a finales de invierno y en primavera. Otras características varietales a destacar son la resistencia a mildiu (*Peronospora farinosa*, *P. spimaceae*, *P. efusa*) y la resistencia al frío.

### **2.9.5 Valor Nutricional**

La espinaca (*Spinacea oleracea L* y sus variedades) es un alimento bajo en calorías, con bajo contenido de grasas, relativamente bajo en proteínas y buen aportador de fibra y micronutrientes como vitamina C, vitamina A y minerales, especialmente hierro (73,20). El hierro es un oligoelemento importante que necesita el organismo para la producción de células rojas de la sangre y como un cofactor para las enzimas de oxidación-reducción de citocromo-oxidasa durante el metabolismo celular.

Las hojas frescas son una fuente rica de varias vitales vitaminas antioxidantes como luteína, zeaxantina y beta caroteno. En conjunto, estos compuestos actúan como eliminadores de protección contra oxígeno derivados de los radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS) que juegan un papel en la curación de envejecimiento y los procesos de diversas enfermedades. La Zeaxantina, un carotenoide dietético importante, es absorbida selectivamente en la mácula lútena de la retina de los ojos, donde se cree que proporciona protección antioxidante y filtrado de la luz.

La espinaca es una hortaliza con un elevado valor nutricional y carácter regulador, debido a su elevado contenido en agua y riqueza en vitaminas y minerales.

**Cuadro 3: Composición nutritiva de las espinacas por 100 g de producto comestible**

Prótidos (g)	3.2-3.77
Lípidos(g)	0.3-0.65
Glúcidos (g)	3.59-4.3
Vitamina A (U.I.)	8.100-9.420
Vitamina B1 (mg)	110
Vitamina B2 (mg)	200
Vitamina C (mg)	59
Calcio (mg)	81-93
Fósforo (mg)	51-55
Hierro (mg)	3.0-3.1
Valor energético (cal)	26

**FUENTE:** <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>

### **2.9.6 Descripción**

La espinaca fresca puede cosecharse en los meses de invierno y primavera, su cultivo resiste bajas temperaturas aunque con menor rendimiento y es perjudicada por las lluvias intensas. Es altamente perecedera con pérdida de características nutricionales y sensoriales (color, sabor y textura) que afectan su aceptabilidad por el consumidor. (20) Demostró que por la susceptibilidad a la oxidación de la vitamina C, su contenido resulta un indicador sensible y adecuado de una buena conservación del vegetal durante el procesamiento, transporte y almacenamiento.

## 2.10 ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L)



**Figura 2** Imagen Albahaca (*Ocimum basilicum* L)

### 2.10.1 Historia

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.), conocida también como albacar y ahbenga, es una especie aromática, producida principalmente por España, Italia, Francia, Egipto y México, además de Canadá, Hungría y Alemania. Esta especie es al parecer originaria de la India, naturalizada en África y adaptada extensamente a los países mediterráneos. En México, la albahaca no se cultiva comercialmente, toda vez que su explotación es de traspatio; su aprovechamiento se presenta en climas cálido, semicálido, seco, semi seco y templado.

### 2.10.2 Producción

La producción de albahaca orgánica es la actividad económica más rentable en la rama agrícola de Baja California Sur (BCS). La albahaca orgánica de este estado se comercializa en Estados Unidos de América y en otros países donde prevalece la cultura de la producción y consumo de alimentos y otros productos derivados de cultivos orgánicos. A la albahaca se le reconoce por contener un número de compuestos orgánicos únicos en sus hojas que favorecen en la salud humana.

### 2.10.3 Descripción

Es una hierba ramosa, de entre 30 y 60 cm de altura; con todo el follaje muy aromático; hojas opuestas, de tamaño y forma variable; flores en racimos de hasta 20 cm de longitud situados en el extremo de las ramas; corola blanca o violácea,

irregular; fruto semejando una cápsula que se abre cuando madura, dejando libres 4 semillas negras.

La albahaca (*Ocimum basilicum* L., *Lamiaceae*) es una hierba anual, tiene gran aprecio por los consumidores debido a sus propiedades medicinales, así como también por su aroma y sabor característico (46).

Los aceites esenciales contienen compuestos aromáticos muy volátiles, los cuales son responsables de los olores y sabores característicos de la plantas (62,28). En la albahaca, el carácter aromático de cada variedad se origina principalmente por una mezcla compleja de monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanoides (24, 47, 57, 77,46), ácidos orgánicos (8), alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres (51).

#### **2.10.4 Clima**

Tropical con humedad relativa de 80 %; suelo generalmente areno arcilloso, con abundante materia orgánica, habita en terrenos de altura y en los inundables, a campo abierto o semi sombreado, es resistente a la inundación.

#### **2.10.5 Siembra**

Las labores previas a la siembra son romper los terrones y refinar el suelo mediante el uso de rastra de dientes o vibro cultivador, finalmente se procede al surcado del terreno para facilitar los riegos. La propagación será por semillas o por estacas de tallo, plantar en surcos espaciados 50 a 70 cm y a 20 ó 25 cm entre plantas.

#### **2.10.6 Cosecha**

Cortar preferentemente los extremos de las ramas (10-20 cm de longitud) antes de la floración, secar a la sombra y en lugar aireado o con calor artificial a no más de 40°C; el corte se realiza antes o al inicio de la aparición de las primeras flores.

### **2.10.7 Usos**

Empleada para sazonar comidas y uso medicinal. De la albahaca se usan sólo las hojas frescas o secas. Las hojas frescas se usan enteras o picadas finas. Gracias a su sabor fresco se adapta para la preparación de platos a base de huevos, como las tortillas y los huevos revueltos; es excelente para los pescados, en particular para el salmonete y las langostas. Las hojas secas, en cambio, se pueden usar para la preparación de jugos, estofados y sopas, pues han perdido su aroma característico predominando el de la menta, son un poco amargas.

### **2.11 Pan**

#### **2.11.1 Historia**

El calor del horno, el aroma que desprende durante su fermentación, son algunas de las cosas que hacen del pan algo especial y que sea considerado desde hace alrededor de 8.000 años, el alimento por antonomasia que consumen casi todas las razas, religiones y culturas del mundo. Las primeras evidencias arqueológicas de la utilización de la levadura en pan así como el empleo de los hornos datan de los egipcios (11,45).

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años (13). Al principio era una pasta plana no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes. Parece que fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba a su volumen y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto. Existen bajo relieves egipcios (3000 años a. de. J.C.), sobre la fabricación de pan y cerveza, que sugieren que fue en la civilización egipcia donde se utilizaron por primera vez los métodos bioquímicos de elaboración de estos alimentos fermentados (3).

Los galos, después de Plinio, utilizaron la espuma de la cerveza para elaborar pan. Esta técnica fue olvidada y redescubierta en el siglo XVII convirtiéndose en práctica habitual en Europa hasta 1800 (22,13). En el siglo XIX las levaduras de las cervezas fueron remplazadas por las procedentes de las destilerías de alcohol

de cereales. A finales de siglo XIX, a raíz de los trabajos de Pasteur, se desarrolló una industria específica para la producción de levaduras que culmina en 1920 con un moderno método de producción de levaduras de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*), inventado por el danés Soren Sak y denominado “Método Zero” ya que evita la producción de etanol (13).

### **2.11.2 Definición**

Según la reglamentación Técnico Sanitaria para la fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales, el pan y sus distintos tipos se definen de la siguiente manera (72, 52,16). El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

Las características físicas, externas e internas, del pan dependen indudablemente de calidad industrial de la harina de trigo; definida por la cantidad de proteína, capacidad de retención de agua, % de cenizas, % de granulo dañado, tipo de gluten, color y las características reológicas de la masa, entre otras.

### **2.11.3 Métodos de elaboración de pan de caja integral**

Existen varios métodos de elaboración de pan de caja: semi mecanizados, o totalmente mecanizados y continuos. Dentro de los semi mecanizados se tiene el método de “masa directa” y el método de “esponja y masa”. En los métodos continuos se tiene el método “Chorleywood” y “Do Maker”, entre otros.

El método de “masa directa”, el total de la harina de trigo se mezcla con el resto de los ingredientes en una sola etapa de amasado, hasta desarrollar totalmente al gluten. Posteriormente la masa se somete a su primera etapa de fermentación, y por un tiempo específico. Mientras que en el método “esponja y masa” una parte proporcional de la harina de trigo y agua, se mezclan con el total de la levadura en una primera etapa. Con estos ingredientes se forma la “esponja”, la cual se debe fermentar por un tiempo prolongado (al menos cinco horas, a temperatura ambiente). Por separado, con el resto de los ingredientes de la

formulación, se forma la “masa” (masa fresca). Ambas masa (esponja y masa fresca) se mezclan para formar la masa final. Después de esta etapa ambos métodos son muy similares, hasta llegar al producto final.

#### **2.11.4 Tipos de Pan**

El código Alimentario **Español** diferencia dos tipos de pan.

##### **2.11.4.1 Pan Común**

Se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le puede añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen:

###### **2.11.4.1.1 Pan Bregado**

De miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.

###### **2.11.4.1.2 Pan de flama o de miga blanda**

Es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración

##### **2.11.4.2 Pan especial**

Es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, entre otros), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común, como ejemplos de pan especial tenemos;

###### **2.11.4.2.1 Pan integral**

Es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo.

###### **2.11.4.2.2 Pan de Viena o pan Francés**

Es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez.

#### **2.11.4.2.3 Pan de molde o americano**

Es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes.

#### **2.11.4.2.4 Pan de Cereales**

Es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51 %. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, entre otros.

#### **2.11.4.2.5 Pan de huevo, pan de leche, pan de miel, pan de pasas, entre otros.**

Son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo el nombre de la materia prima añadida.

#### **2.11.5 Papel de la fermentación en el pan**

“Se puede definir la fermentación como la transformación que sufren ciertas materias orgánicas bajo la acción de enzimas segregadas por microorganismos. Se trata pues de un proceso de naturaleza bioquímica” (5).

El proceso enzimático de más trascendencia en la fabricación del pan es la fermentación panaria. La obtención de un pan voluminoso, de miga uniformemente alveolada, de color satisfactorio, entre otros., no solo depende de la calidad de la harina empleada, sino que también viene condicionada por el adecuado control de toda una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que reciben el nombre de fermentación y que tienen lugar desde que comienza el amasado hasta los primeros momentos de la cocción. Desde un punto de vista estrictamente químico, la fermentación no es diferente a la fermentación alcohólica del vino o de la cerveza, aunque en la práctica presentan caracteres distintivos que justifican su estudio particular.

#### **2.11.6 Agentes de la fermentación**

A diferencia de la amilolisis y la proteólisis, procesos enzimáticos, la fermentación es catalizada por enzimas que no forman parte de la harina de trigo, si no que han de ser aportados por agentes exteriores tales como las levaduras. Estas son microorganismos unicelulares ampliamente utilizados en diversas



fermentaciones industriales. En panadería se utiliza principalmente la levadura de destilería, que es de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, anteriormente se utilizaba la destinada a cervecería, de menor poder fermentativo. En la actualidad se seleccionan diferentes especies de levaduras especialmente adaptadas a la fermentación de los azúcares originales de la harina y de aquellos otros liberados como resultado de lo que en términos generales llamamos *acción diastática*. En el curso de la fermentación, la levadura transforma ciertos azúcares en alcohol y anhídrido carbónico, además de algunos productos intermedios entre los que predominan la glicerina. La actividad fisiológica de la levadura no se reduce a la transformación de productos fermentables, sino que simultáneamente ésta sufre una multiplicación más o menos intensa. Para el desarrollo de su actividad vital, la levadura necesita unas condiciones de temperatura, humedad y acidez adecuadas, siendo estos factores del medio decisivos en el control de la fermentación. Son también indispensables, además del sustrato hidrocarbonado, otros factores nutritivos como son nitrógeno soluble y sales minerales. El sulfato cálcico, el carbonato amónico y el cloruro amónico, especialmente este último, son manifiestos estimulantes de la actividad fermentativa.

Existe en la fermentación otros microorganismos no deseables que se encuentran en la harina. Tales son las bacterias acéticas y lácticas que, son capaces de transformar ciertos sustratos en ácido acético y láctico respectivamente.

### **2.11.7 Transformaciones enzimáticas y químicas**

Por la acción enzimática de la levadura, la glucosa, u otro azúcar fermentable por ella, es transformada en anhídrido carbónico y alcohol, pasando por varios productos intermedios. El alcohol, siendo líquido a la temperatura de la masa, pasa a formar parte de la fase líquida de ésta. El anhídrido carbónico, que es gaseoso, es disuelto parcialmente, dando ácido carbónico, quedando por otra parte retenido en la fase gaseosa de la masa, y escapando el resto. Las fermentaciones llevadas a cabo por los sistemas enzimáticos de las bacterias lácticas y acéticas tienen un carácter secundario. Las lácticas utilizan como

sustrato la glucosa para producir ácido láctico y las acéticas transforman en ácido acético el alcohol producido por la levadura. El ácido láctico es un ácido relativamente fuerte y se produce en cantidades apreciables, por lo que su efecto inmediato al pasar a la fase líquida de la masa es aumentar la acidez de ésta. El ácido acético, al ser más débil, tiene un efecto considerablemente menor sobre aquella.

El nitrógeno soluble que la levadura incorpora a su metabolismo suele ser suministrado en forma de sales amónicas de ácido fuerte (sulfato y cloruro). La asimilación del amonio por la levadura deja en libertad los ácidos que, por ser fuertes, afectan grandemente al pH, aun cuando se encuentren en pequeñas proporciones. Como resultado de todas estas reacciones, cuyos productos finales son ácidos de distinta clase y fuerza, se produce una disminución del pH, de 6 unidades a 5 unidades, que repercuten en las propiedades de hidratación del gluten, en la velocidad de las reacciones enzimáticas, y, en general, sobre todos los procesos que tienen lugar en el seno de la masa.

#### **2.11.8 Cambios bioquímicos que ocurren durante el horneado de pan.**

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas (30).

#### **Cuadro 4: Tiempo de horneado del pan, de acuerdo a su peso**

La temperatura de horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 190 a 275°C, la duración:

Tiempo (minutos)	Peso del pan (g)
45-50	2000
30-40	900
20-30	500
13-18	Pan más pequeño

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción. Al final, en caso de que el flujo de agua cese completamente, se llega al punto de carbonización.

Además ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100°C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forman tanto en la fermentación, como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, entre otros).

A causa de la dilatación del gas y del aumento de la tensión del vapor de agua, debido a la temperatura del horno, la masa sufre un rápido aumento de volumen que alcanza el máximo desarrollo después de un tiempo (5-10 minutos), variable con el peso, la forma y la calidad de la masa. El desarrollo de la masa está relacionado con tres factores, concentración del gas, elasticidad y resistencia de la masa, y su capacidad de retención del gas.

A temperatura inferior a 55°C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; solo alcanzando los 65°C la actividad de la levadura cesa y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón.

El almidón se degrada a dextrinas, mono y disacáridos a las altas temperaturas que se expone la parte externa de la masa. También se produce pardeamiento no enzimático proporcionando así el dulzor y el color de la corteza. La cocción da lugar al aroma de la corteza. El aroma de la fermentación está enmascarado por el aroma formado en las reacciones de Maillard y las de caramelización.

El 2-acetil-1-pirrolina es el compuesto aromático más potente de la corteza.

## **2.11.9 Valor nutricional del Pan**

### **Proteínas**

El pan aporta proteínas vegetales procedentes del grano de cereal. En el pan de trigo abunda una proteína denominada gluten, que hace posible que la harina sea panificable (38). El valor nutritivo de estas proteínas puede equipararse a las de la carne, el pescado o el huevo, si se consume pan junto con otros alimentos como legumbres o con alimentos de origen animal como lácteos (sopas de pan con leche, bocadillo de pan con queso, garbanzos salteados con pan rallado, entre otros).

### **Vitaminas y minerales**

Es una buena fuente de vitaminas del grupo B (tiamina o B1, riboflavina o B2, piridoxina o B6 y niacina, necesarias para el aprovechamiento de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, entre otras funciones) y de elementos minerales como fósforo, magnesio y potasio.

### **Fibra**

Las variedades integrales y de cereales son las más ricas en fibra.

El único parámetro legislado para el pan de molde es la humedad: el agua no debe superar el 38% en los panes especiales.

El nutriente mayoritario del pan de molde son los hidratos de carbono (almidón), que representan entre el 46% y el 54% del producto. Estos hidratos de carbono son principalmente complejos; tan sólo una minoría son hidratos sencillos, lo que hace que este alimento sea interesante para personas diabéticas, ya que este bajo nivel de hidratos de carbono sencillos ayuda a controlar los niveles de glucosa en sangre.

La riqueza en estas sustancias nutritivas depende del grado de extracción de la harina y de si se ha enriquecido la masa de pan durante el proceso de elaboración en dichas sustancias.

El pan integral aporta mayor cantidad de estas sustancias, ya que el grano de cereal conserva la cubierta al no haber sido sometido a un proceso de refinado. La fibra ayuda a regular los niveles de azúcar en sangre al hacer más lento y progresivo el paso de la glucosa hacia la sangre.

Teniendo en cuenta su valor nutricional el pan debe constituir una parte destacable en la dieta, tratando de estar presente en prácticamente todas las comidas, desde el desayuno a la cena. El hecho de no consumirlo de forma habitual contribuye a desequilibrar de manera importante el perfil calórico de la dieta. Aumentaría el porcentaje del total de las calorías provenientes de alimentos ricos en grasa o proteínas., alejándolos considerablemente de las recomendaciones respecto a una alimentación equilibrada, en la que cerca del 55 % del total de calorías de la alimentación deben proceder de los hidratos de carbono, el 5 % de proteínas y el 30-35 % restante de grasas. En la medida que se reduce el consumo de pan, es necesario aumentar la ingesta de otros alimentos ricos en hidratos con el fin de no desequilibrar significativamente la dieta. Por tanto el pan debe formar parte habitual de la alimentación de todas las personas.

**Cuadro 5: Composición nutricional del pan integral de trigo**

	<b>Por 100 g de porción comestible</b>	<b>Porción (rebanada, 30 g)</b>	<b>Recomendaciones día-hombres</b>	<b>Recomendaciones día-mujeres</b>
<b>Energía (Kcal)</b>	241	72	3,000	2.300
<b>Proteínas(g)</b>	8	2,4	54	41
<b>Lípidos totales(g)</b>	1,4	0,4	<100	<77
AG saturados (g)	0,25	0,075	<23	<18
AG monoinsaturados (g)	0,19	0,057	>57	>43

AG poliinsaturados (g)				
ω-3 (g)	0,54	0,162	10-20	8-15
ω-6 (g)	0,036	0,011	0,33-3,3	0,25-2,6
	0,506	0,152	1,3-16,5	1,2-10,4
Colesterol (mg)	0	0,0	<300	<230
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	49	14,7	375-450	288-345
<b>Fibra (g)</b>	8,5	2,6	38	29
<b>Agua (g)</b>	33,1	9,9	1.000-2.000	1.000-2.000
<b>Calcio(mg)</b>	21	6,3	800	800
<b>Hierro (mg)</b>	2,5	0,8	10	18
<b>Yodo (mg)</b>	1	0,3	140	110
<b>Magnesio (mg)</b>	91	27,3	350	330
<b>Zinc (mg)</b>	3,5	1,1	15	15
<b>Sodio (mg)</b>	540	162,0	<2.400	<2.400
<b>Potasio (mg)</b>	220	66,0	3.500	3.500
<b>Fósforo (mg)</b>	195	58,5	700	700
<b>Selenio (mg)</b>	35	10,5	70	55
<b>Tiamina (mg)</b>	0,25	0,08	1,2	0,9
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,09	0,03	1,8	1,4
<b>Equivalentes niacina (mg)</b>	3,8	1,1	20	15
<b>Vitamina B<sub>6</sub> (mg)</b>	0,14	0,04	1,8	1,6
<b>Ácido Fólico (Microgramo)</b>	22	6,6	400	400
<b>Vitamina B<sub>12</sub> (microgramo)</b>	0	0,00	2	2
<b>Vitamina C (mg)</b>	0	0,0	60	60
<b>Vitamina A: Eq. Retinol (microgramo)</b>	0	0,0	1.000	800

<b>Vitamina D (microgramo)</b>	0	0,00	5	5
<b>Vitamina E (mg)</b>	0,2	0,1	12	12

FUENTE: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/panintegral.pdf>

## 2.12 Hierro

### 2.12.1 Función

El hierro y zinc son minerales esenciales para la vida (60,10). Aunque se requieren en muy pequeñas cantidades (miligramos) participa formando parte de enzimas que actúan en diversos procesos biológicos indispensables para el buen funcionamiento de un organismo vivo. El hierro es fundamental para ciertos procesos metabólicos y enzimáticos; es esencial para el crecimiento, desempeña un papel vital en la estructura de la molécula de la hemoglobina y se encuentra en el organismo en cantidades mayores que cualquier oligoelemento (66,48).

Es necesario para transporte de oxígeno, producción de ATP, síntesis de ADN, función mitocondrial, protección celular a la oxidación, mielinización y producción de neurotransmisores (Seroton, Dopamina, Epinefrina).

En el hombre el 70 % del hierro se encuentra en la hemoglobina, proteína transportadora del oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos. Otro 25 % se encuentra como reserva (ferritina y hemosiderina), un 4 % como Mioglobina y un 1 % unido a la transferrina y como componente de diversas enzimas que participan en la producción oxidativa de energía celular, la síntesis de algunos neurotransmisores y de ADN (12).

### 2.12.2 Absorción

El hierro es absorbido a nivel duodenal por el enterocito. Estas células regulan la absorción de Fe según las necesidades del organismo: altos niveles corporales de hierro bloquean su absorción y bajos niveles la incrementan (23). El enterocito reconoce, para su absorción, a dos tipos de hierro según su forma química. El hierro inorgánico proviene de alimentos vegetales y sales minerales, y

el hierro hemínico derivado de carnes y sangre. El hierro inorgánico es reducido en el borde de la vellosidad y captado por el transportador de metales divalentes (DMT1) que lo internaliza a la célula (32). Cuando el Fe inorgánico está unido a compuestos reductores como el ácido ascórbico, el hierro es directamente capturado por el DMT1. Además del tipo de hierro de la dieta, la absorción de hierro es afectado por otros factores como presencia de favorecedores o inhibidores de la absorción, cantidad de superficie y motilidad intestinal, el estado de los depósitos de hierro, la velocidad de la eritropoyesis (proceso de generación de glóbulos rojos o eritrocitos) y la hipoxia (estado de los tejidos que tienen insuficiencia de oxígeno) (10). Entre los factores dietarios que afectan la absorción se encuentran las proteínas que favorecen la absorción del hierro hemínico (49) y el calcio que la disminuye (33). En cambio, el hierro inorgánico es influenciado por una gran cantidad de componentes de la dieta que afecta su absorción (70,41).

**Cuadro 6: Componentes dietarios que afectan la absorción intestinal de hierro inorgánico**

<b>Favorecedores</b>	<b>Inhibidores</b>
Ácido ascórbico (70)	Fitatos y fibra (34)
Proteínas (50)	Polifenoles (19)
Alimentos fermentados (68)	Caseína (41)
( )= referencias bibliográficas	

**FUENTE:** Pizarro A, Fernando; Olivares G, Manuel; Kain B, Juliana. 2005

**2.12.3 Efectos de la deficiencia de hierro**

Las manifestaciones de la carencia de hierro derivan de aquellas propia de la anemia, y de otras no hematológicas causadas por una difusión de las enzimas de hierro dependiente. Se han descrito alteraciones de la capacidad de trabajo físico y de la actividad motora espontánea, alteraciones de la inmunidad celular y de la capacidad bactericida de los neutrófilos, una controvertida mayor susceptibilidad a las infecciones especialmente del tracto respiratorio, disminución de la termogénesis, alteraciones funcionales e histológicas del tubo digestivo, falla en la



movilización de la vitamina A hepática, mayor riesgo de parto prematuro y de morbilidad perinatal, menor transferencia de hierro al feto, disminución de la velocidad de crecimiento, alteraciones conductuales y del desarrollo mental y motor, velocidad de conducción más lenta de los sistemas sensoriales auditivo y visual, y una reducción del tono vagal (9,61).

#### **2.12.4 Biodisponibilidad del hierro**

Se conoce como biodisponibilidad del hierro, a la proporción del hierro dietario que es absorbido y utilizado por el cuerpo (69). El principal factor que influye sobre la biodisponibilidad de este mineral es su forma química. El hierro se presenta en la naturaleza como: hierro hemínico y hierro no hemínico. El hierro hemínico forma parte exclusivamente de alimentos de origen animal, ya sea como hemoglobina y/o mioglobina.

El hierro no hemínico se encuentra principalmente en los alimentos de origen vegetal y su absorción está determinada por múltiples factores dietarios que favorecen o impiden su solubilidad. El hierro no hemínico requiere de un pH ácido para reducirse y pasar de Fe III a Fe II; la forma ferrosa se puede unir a complejos de bajo peso molecular que son solubles. Existen diferentes compuestos que contribuyen a estabilizar el Fe II, como el ácido clorhídrico, los ácidos orgánicos de los alimentos (ascórbico principalmente) y algunos aminoácidos (cisteína principalmente). Por el contrario, otros compuestos presentes en los alimentos más bien dificultan su absorción. Entre estos se encuentran los oxalatos, fitatos, taninos y algunos nutrientes inorgánicos como calcio y aluminio (65).

#### **2.13 *Saccharomyces cerevisiae***

Ha jugado un papel muy importante en la historia de la humanidad, ya que ha sido utilizada por el hombre desde hace milenios sin saberlo, particularmente en la fabricación de bebidas alcohólicas (vino, cerveza) y de pan. El papel de la levadura en la fermentación alcohólica no se puso en evidencia hasta los trabajos de Pasteur entre los años de 1866-1876. Hoy se utilizan en diferentes tipos de fermentación y también como fuente de vitaminas y proteínas en la alimentación humana y animal.

### 2.13.1 Características Generales

*S. cerevisiae* pertenece al grupo de las levaduras; estos son organismos eucarióticos unicelulares y por lo tanto sus estructuras se encuentran formadas por pared celular, núcleo diferenciado y orgánulos como ribosomas y mitocondrias. La formación de una cápsula de polisacáridos, la ausencia o presencia de vacuolas y el desarrollo de las mitocondrias dependen de las condiciones fisicoquímicas y de la edad del cultivo.

**Cuadro 7: Taxonomía de *S. cerevisiae***

Reino	Fungí
División	Amastogomycota
Clase	Ascomycetes
Subclase	Hemiascomycetidae
Orden	Endomycetales
Familia	Saccharomycetaceae
Subfamilia	Saccharomycetidae
Género	Saccharomyces
Especie	<i>S. cerevisiae</i>

**FUENTE:** <http://es.scribd.com/doc/20375393/29/Caracteristicas-generales>

- La temperatura óptima de crecimiento está entre los 25 a 30°C.
- Puede producir ascosporas cuando hay requerimientos nutricionales adecuados.
- Sus dimensiones son de 2,5 a 10 µm de ancho y 4,5 a 21 µm de largo.
- Microscópicamente se observan redondas y ovoides, elipsoides, a veces cilíndricas y filamentosas.
- Fermentan glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa y rafinosa.
- Su aireación óptima es de 0,6 a 0,9 vvm.
- En presencia de oxígeno las cepas pueden metabolizar sustratos como glicerol, etanol y lactato.
- En cuanto a su composición química, contienen un 75 % de agua y un 25 % de materia seca aproximadamente.

### Cuadro 8: Composición de materia seca

Componentes	Porcentaje (%)
Ceniza	7
Carbohidratos	43
Proteína	48
Grasa	2

- Sus ascas contienen cuatro esporos partenogénicos, esto se puede comprobar utilizando la tinción de Schimwell modificada por Mc Cheng (14,21).
- Se divide por gemación y puede tener una reproducción asexual cuando se encuentra en su forma haploide y de manera sexual cuando, a partir de un cigoto, se forma un asca que contienen cuatro ascosporas haploides.
- Su crecimiento se ve favorecido por un pH próximo entre 4.0 a 5.0 y no se desarrolla bien en medio alcalino a menos que se haya adaptado al mismo.

#### 2.13.2 Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales mínimos que necesita *S.cerevisiae* para su crecimiento son:

- Fuente de carbono: azúcares
- Fuente de nitrógeno: sulfato amónico, úrea o aminoácidos
- Biotina, también llamada vitamina B8 o H
- Sales y elementos traza

El carbono sirve como fuente de energía y como material constitutivo de la masa celular. El nitrógeno se encuentra en la célula formando parte esencial de las proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos; el fósforo se encuentra en los ácidos nucleicos, en la lecitina y en diversos compuestos fosforilados que participan activamente en los procesos de degradación oxidativa y de intercambio energético (ATP, ADP, AMP, NADP).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materia Prima

Las cantidades empleadas para la elaboración del pan integral fueron basadas en el Manual de Prácticas de Tecnología de Cereales, elaborado por la Maestra María Ofelia Buendía González, de la Universidad Autónoma Chapingo.

Con la cantidad de ingredientes utilizados para el pan control y las tres repeticiones (3 panes), se obtuvieron dos piezas de pan en cada uno.

- **Harina de trigo La perla**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Harina integral La perla**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Mejorante magimix**, adquirido en Cuellar, Saltillo
- **Harina de malta a granel**, adquirida en centro comercial.

Esta fue molida en un molino marca Thomas-WILEY, modelo 4 para obtenerla en forma de harina.

- **Azúcar**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Levadura seca Nevada**, adquirida en Cuellar, Saltillo
- **Leche en polvo Nido**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Manteca vegetal inca**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Sal La Fina**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Agua purificada a 25°C**, adquirida en el Laboratorio de nutrición de la UAAAN, Saltillo
- **Aceite comestible Nutrioli**.

Solo se utilizaban pequeñas cantidades de aceite para engrasar el recipiente hondo para fermentar la masa y los moldes al momento de hornear.

- **Espinaca**, adquirida en centro comercial, Saltillo
- **Albahaca**, adquirida en centro comercial, Saltillo

## **3.2 Materiales y Equipo**

### **3.2.1 Material y equipo para la elaboración de pan integral**

- Balanza Scout Pro SP601 OHAUS
- Espátula
- 2 moldes para pan de caja
- Estufa con Horno Flamineta Modelo Premiere
- Rejilla de alambre
- Cuchillo
- Bolsa de papel
- Rodillo
- Tela
- Charola de aluminio
- Recipiente hondo de plástico
- Cronometro
- Aceite comestible

### **3.2.2 Material y equipo para realizar el análisis proximal de los panes.**

- Estufa de secado marca Robertshaw ( temperatura 55-60°C)
- Estufa de secado Marca Thelco Modelo 27(con circulación de aire a temperatura de 100-103°C)
- Crisoles de porcelana (a peso constante)
- Pinzas para crisol
- Desecador con silica gel (enfría muestras sin aumentar la humedad)
- Espátulas de acero inoxidable
- Balanza Analítica Explorer OHAUS
- Mufla Marca Thermolyne (temperatura de 600°C)
- Vaso de precipitados (150 ml)
- Papel filtro sin cenizas No 42
- Matraz volumétrico (100 ml)
- Espectrofotómetro de absorción atómica Varian AA-1275

- Extractor Soxhlet (sifón, refrigerante, manta de calentamiento)
- Cartucho poroso de celulosa
- Algodón
- Parrillas eléctricas del Aparato Kjeldhal
- Regulador de voltaje
- Matraz redondo de fondo plano, boca esmerilada (a peso constante)
- Vaso de Berzelius de 600 ml
- Filtros de tela de lino
- Embudos
- Aparato de reflujo marca Labconco
- Matraz Kjeldhal (800 ml)
- Perlas de vidrio (4)
- Aparato macrokjeldhal
- Matraz Erlenmeyer de 500 ml
- Plancha de calentamiento Thermo Scientific Type 2200

### **3.3 Reactivos**

- Ácido perclórico
- Ácido nítrico
- Agua destilada
- Solvente: éter de petróleo
- Solución de ácido sulfúrico 0.225 N ó al 25%
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N ó al 25%
- Mezcla reactiva de selenio (catalizador) Merk
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido bórico al 4%
- Indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol)
- Hidróxido de sodio al 45%
- Granallas de zinc
- Ácido sulfúrico 0.094339 N

### 3.4 Metodología

#### 3.4.1 Localización

La elaboración de los panes integrales y la parte experimental de los mismos, se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

#### 3.4.2 Formulaciones para el pan integral

**Cuadro 9: Ingredientes para elaboración de pan integral**

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidades</b>
Harina de trigo	260 g
Harina integral	65 g
Mejorante	3.2 g
Harina de malta	1.7 g
Azúcar	25 g
Levadura	6.5g
Leche en polvo	10 g
Manteca vegetal "pomada"	11.5 g
Sal	6.5 g
Agua (25°C)	208 ml

Se elaboraron tres formulaciones, para adicionarse al pan integral

**Cuadro 10: Formulaciones para el pan integral**

<b>SUSTITUCIÓN ESPINACA (g)</b>	<b>SUSTITUCIÓN ALBAHACA (g)</b>
15	15
25	15
35	15

### 3.4.3 PROCEDIMIENTO

#### 3.4.3.1 Procedimiento para elaboración de los panes.



**Figura 3** Imagen de pan integral con espinaca y albahaca

Se utilizó el método de masa directa.

- Se pesaron los ingredientes.
- Se colocaron en un recipiente hondo los ingredientes sólidos, excepto la manteca vegetal y la sal, se mezclaron manualmente durante un minuto. Con la finalidad de homogeneizar los ingredientes y trabajar esta mezcla a fin de airearla y hacerla flexible.
- Se agregó la manteca vegetal “pomada” y se mezcló durante otros 2 minutos.
- Se agregó aproximadamente tres cuartas partes del agua y se amaso durante 5 minutos. Una vez formada la masa, se agregó la sal y poco a poco el resto del agua, hasta obtener una masa suave, elástica y fluida.

#### **Primera fermentación**

Se pesa la masa, se boléela, y se deposita en un recipiente hondo engrasado con aceite comestible, a temperatura ambiente (29°C) colocando en la parte superior del recipiente una tela, al menos durante una hora. A la mitad del tiempo



de fermentación, se sacó la masa del recipiente y se desgasificó con un rodillo para remover el exceso de bióxido de carbono, redistribuir la levadura y madurar el gluten (se regresó la masa a su forma inicial, terminado todo el tiempo de fermentación).

### **Modelado**

Se dividió la masa en dos porciones. El modelado se hizo en forma de cilindro. Se colocó cada masa modelada en un molde previamente engrasado con aceite comestible y enharinado (harina blanca).

### **Segunda Fermentación (fermentación de piso)**

Los moldes se colocaron a temperatura ambiente (29°C) durante 30 minutos, cubiertos con una tela. Esta segunda fermentación ayuda a que la masa adquiera flexibilidad para su forma definitiva.

### **Horneado**

- Las piezas de masa se hornearon a 190°C, por un periodo de 35 minutos.
- Se desmoldó inmediatamente y se colocó en una rejilla de alambre. Se dejó enfriar a temperatura ambiente.

#### **3.4.3.2 Procedimiento para el análisis proximal de los panes (Métodos AOAC 1983)**

Cada una de las muestras; control, 15-15 g espinaca-albahaca, 25-15 g espinaca-albahaca y 35-15 g espinaca-albahaca, se les realizaron análisis por triplicado.

### 3.4.3.2.1 PREPARACIÓN PARA LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE PAN



**Figura 4** Imagen Secado del pan

Se preparó la muestra de pan integral para los análisis, secándola parcialmente a una temperatura de 55-60°C, para poder conservarla por un periodo de tiempo, para realizar los análisis posteriores.

#### **FUNDAMENTO**

Evaporación del agua a temperatura de 55-60°C

#### **HUMEDAD**

El contenido de humedad en una muestra de alimento, es la cantidad de agua que el alimento contiene. Una forma de conocer el contenido de humedad es pesando la muestra en fresco, y después de haberla mantenido durante 24 horas en un horno a una temperatura de 55-60°C para evitar un mínimo de pérdidas de sustancias volátiles y otras que se descomponen.

El agua es el nutriente esencial, sin embargo el agua no contribuye al valor nutritivo de un alimento, por el contrario diluye el contenido de nutrientes sólidos y los hace más susceptibles de sufrir fenómenos de descomposición por enzimas, bacterias y hongos. Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido de agua varían entre 60-95% en los alimentos naturales.

## PROCEDIMIENTO

- Se cortó el pan en trozos pequeños
- Se colocó en las charolas
- Las charolas se colocaron dentro de la estufa a una temperatura de 55-60°C por 24 horas.
- Transcurrido el tiempo, se sacaron las muestra de la estufa y se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 3 minutos

### 3.4.3.2.2 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL O SÓLIDOS TOTALES



**Figura 5** Imagen Determinación de materia seca total

## FUNDAMENTO

La materia seca total se obtiene mediante evaporación total de la humedad a una temperatura arriba de 100°C

## PROCEDIMIENTO

- Se sacó un crisol de porcelana de la estufa (el cual estaba a peso constante), utilizando unas pinzas
- Se puso en un desecador para que se enfriara por un tiempo de 20 minutos
- Transcurrido este tiempo, se pesó en la balanza analítica
- Por separado se pesaron 2 gramos de pan seco sobre un papel limpio y destarando el peso del papel

- Se puso la muestra en el crisol, y se metió a la estufa durante 24 horas
- Pasado el tiempo, se sacó la muestra de pan de la estufa, se dejó enfriar por 20 minutos en un desecador
- Se pesó
- Se registró el peso
- Calcular

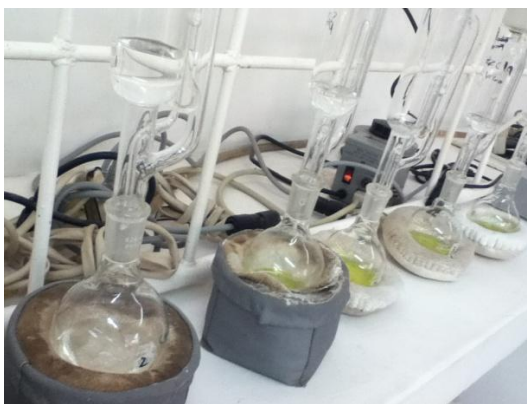
## CÁLCULOS

Para calcular el % de Materia Seca Total (%MST), se utilizaron las siguientes formulas:

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{peso crisol con muestra seca} - \text{peso crisol solo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MST}$$

### 3.4.3.2.3 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL



**Figura 6** Imagen Determinación de grasa

## FUNDAMENTO

La muestra seca se extrae con éter de petróleo posteriormente se determina el extracto seco por diferencia de peso, del que se elimina el disolvente.

## INTRODUCCIÓN

Las grasas o triglicéridos son compuestos orgánicos carentes de nitrógeno, que se forman en el metabolismo vegetal y animal. Poseen desde un punto de vista fisiológico un elevado valor calorífico. Y son los nutrientes con mayor poder energético (1 g de grasa= 9 cal= 38.9 KJ). Las grasas, por lo general, se encuentran asociadas con numerosas sustancias acompañantes que se denominan lípidos. La fracción de lípidos de los alimentos es obtenida por medio de la extracción. Esta fracción contiene ceras, fosfátidos, esteroides, pigmentos y aceites volátiles. El método Soxhlet es una técnica de extracción continua en la que normalmente se emplean diferentes solventes.

## PROCEDIMIENTO

- Se pesaron 4 g de pan integral seco sobre papel filtro
- Se depositaron en un cartucho poroso de celulosa, cubriéndola con algodón
- Lo anterior se depositó en un sifón
- Se sacó un matraz redondo fondo plano, boca esmerilada de la estufa el cual estaba a peso constante, se dejó enfriar por 20 minutos y se pesó
- Al matraz redondo se adiciono hexano hasta la mitad del matraz
- Se acoplo al refrigerante del dispositivo Soxhlet
- Se extrajo por un periodo de 6 horas, contando el tiempo a partir de cuándo empezó a hervir
- Al finalizar la extracción se evaporo el solvente en un rota vapor
- Se puso a peso constante nuevamente el matraz bola fondo plano en la estufa a 100-103 °C por un espacio de doce horas
- Transcurrido el tiempo, se sacó, enfrió y pesó
- Calcular

## CÁLCULOS

$$\% \text{ E.E.} = \frac{(\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz solo})}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

#### 3.4.3.2.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA



**Figura 7** Imagen Determinación de fibra cruda

- Se pesaron 2 g de pan integral el cual ya se había desengrasado
- Se colocó lo anterior en un vaso de Berzelius
- Se agregó 100 ml de solución de ácido sulfúrico 0.225 N
- Conectándolo al aparato de reflujo por un período de treinta minutos contados a partir de cuándo empezó a hervir, al hervir se bajó la temperatura, para que se mantuviera en ebullición suave.
- Transcurrido el tiempo se sacó y filtro a través de una tela de lino, se lavó con 3 porciones de 100 ml de agua destilada caliente
- Se pasó la fibra (residuo que quedo en la tela de lino) al vaso de Berzelius con 100 ml de solución de hidróxido de sodio 0.013 N y se conectó al aparato de reflujo por 30 minutos
- Transcurrido el tiempo se sacó y filtro a través de lino, lavando con 3 porciones de agua destilada caliente.
- Se escurrió el exceso de agua presionando la tela de lino
- La tela de lino se sacó del embudo, se extendió y retiro la fibra con una espátula, depositándola en un crisol de porcelana
- Se puso a peso constante en la estufa a 100-103°C, por 12 horas
- Transcurrido el tiempo, se sacó de la estufa, se dejó enfriar y se pesó
- Se pre incinero la muestra en parrillas y se metió a la mufla a 600°C por tres horas.

- Transcurrido el tiempo, se sacó, enfrió y pesó
- Calcular

## CÁLCULOS

$$\% \text{ FC} = \frac{\text{peso del crisol con fibra seca} - \text{peso del crisol con fibra cenizas}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

### 3.4.3.2.5 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS MÉTODO MACROKJELDHAL



**Figura 8** Imagen Determinación de proteínas

## PROCEDIMIENTO

### Digestión

- Se pesó 1 g de muestra de pan integral sobre papel filtro
- Pasándolo a un matraz Kjeldhal de 800 ml
- Se agregó 4 perlas de vidrio (para que estuviera en ebullición constante)
- Y una cucharada de catalizador, mezcla reactiva de selenio
- Se adicionaron 30 ml de ácido sulfúrico concentrado
- Y se conectó al aparato Kjeldhal en la sección de digestión

## Destilación

- Se diluyó con 300 ml de agua destilada el resultado de la digestión.
- Se dejó enfriar
- En un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Se agregó 50 ml de ácido bórico al 4% y seis gotas de indicador mixto (rojo de metilo y verde bromocresol).
- Se agregó al matraz Kjeldhal 110 ml de hidróxido de sodio al 45% y seis granallas de zinc, (no se debe agitar, para evitar salpicaduras por la reacción).
- Se conectó a la parte destiladora del Kjeldhal
- Recibiendo 250 ml del destilado.

## Titulación

- Se tituló con ácido sulfúrico 0.094339 N (cambio a color rojo)
- Se realizaron los cálculos

## CÁLCULOS

Para realizar los cálculos correspondientes a proteína, se utilizaron las siguientes formulas:

$$\% \text{ N} = \frac{(\text{ml gastados de la muestra} - \text{blanco})(\text{normalidad del ácido})(0.014)(100)}{\text{g de muestra}}$$

$$\% \text{ P} = (\% \text{ N}) (\text{Factor de conversión})$$

**NOTA:** El factor utilizado para la conversión de nitrógeno a proteína del pan, se basó en la siguiente norma

NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS. FOODS.

DETERMINATION OF PROTEINS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN

GENERAL DE NORMAS.



### 3.4.3.2.6 CENIZAS TOTALES (MINERALES)



**Figura 9** Imagen del equipo con el cual se determinó el hierro

#### **Método Húmedo**

La materia orgánica de la muestra se oxida empleando ácidos y agentes oxidante. Se emplea de preferencia en la oxidación ácidos nítrico y perclórico, se requiere forzosamente el uso de una campana extractora.

#### **PROCEDIMIENTO**

- Se pesó 1 g de la muestra molida y deshidratada
- Se pre-incinero en parilla eléctrica
- Llevándolo a cenizas por medio de la mufla a 600°C por 3 horas
- Se pesó la muestra nuevamente, registrando el peso
- Las cenizas se pasaron a un vaso de precipitados de 200 ml
- Agregando una mezcla de ácido perclórico y nítrico en una relación 1:3, es decir 40 ml de ácido perclórico y 120 ml de ácido nítrico
- Llevándolo hasta digestión a líquido claro
- Se filtró sobre papel filtro sin cenizas No. 42, en un matraz volumétrico de 100 ml
- Se aforó hasta la marca con agua des ionizada
- Procediendo a la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica
- Se registraron los datos del mineral (hierro) en unidades  $\text{mg/L}^{-1}$

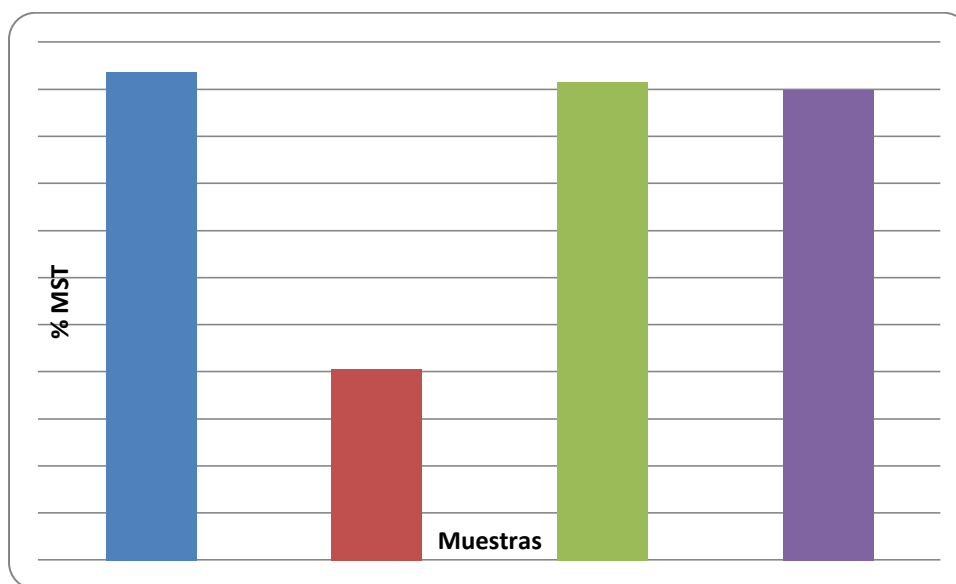
#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis de varianza (ANVA) y prueba de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) donde se determinó la cantidad de materia seca total (MST), humedad (H), Cenizas (C), Extracto Etéreo o grasa total (EE), Fibra Cruda (FC), Proteína (P) en 4 muestras de pan integral (Control, 15 g de espinaca y 15 de albahaca, 25 g de espinaca y 15 g de albahaca, 35 g de espinaca y 15 g de albahaca), analizado con el paquete estadístico Statistics for Windows. Los resultados obtenidos se muestran en los siguientes cuadros.

##### 4.1 Materia Seca Total

Muestra	(%) MST Medias	Tukey
Control	95.36523	a*
15 g espinaca - 15 g albahaca	89.06170	b
25 g espinaca – 15 g albahaca	95.15883	a
35 g espinaca - 15 g albahaca	94.98133	a

\*Los valores seguidos de la misma literal son estadísticamente diferentes según, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )



**Figura 10** Contenido de materia seca total en los panes

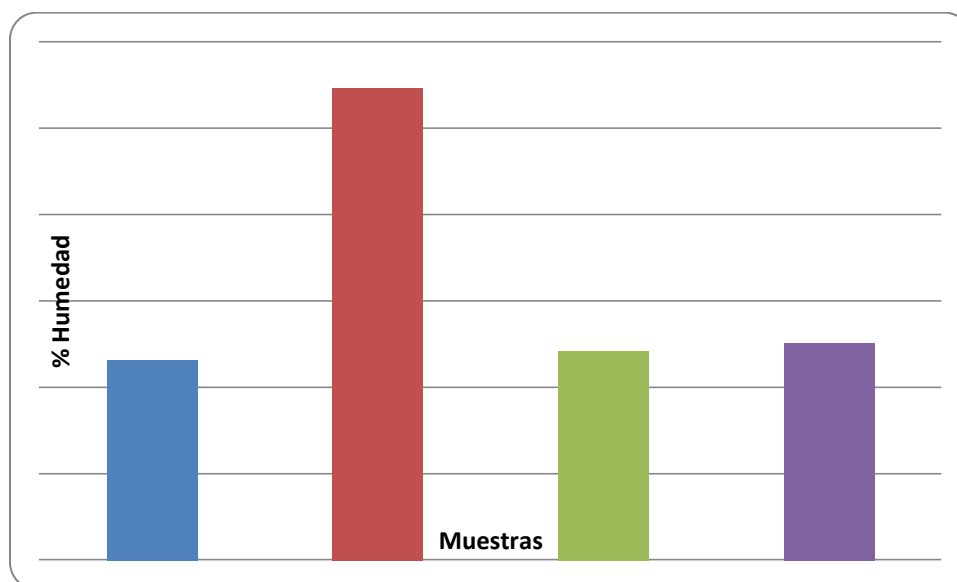
Los resultados obtenidos que se muestran en el cuadro 4.1 y en la figura 14 muestran que las formulaciones 15-15 espinaca-albahaca, 25-15 espinaca-albahaca y 35-15 espinaca-albahaca son estadísticamente diferentes, pudiéndose deber al contenido de espinaca, la cual posee un contenido de agua elevado (79),

justificando que la formulación que presenta menos contenido de materia seca, es la que contiene menor cantidad de espinaca.

#### 4.2 Humedad

Muestra	(%) H	Tukey
Control	4.63477	b
15 g espinaca – 15 g albahaca	10.93830	a*
25 g espinaca – 15 g albahaca	4.84117	b
35 g espinaca – 15 g albahaca	5.01867	b

\*Los valores seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según, Tukey ( $\alpha < 0.05$ )



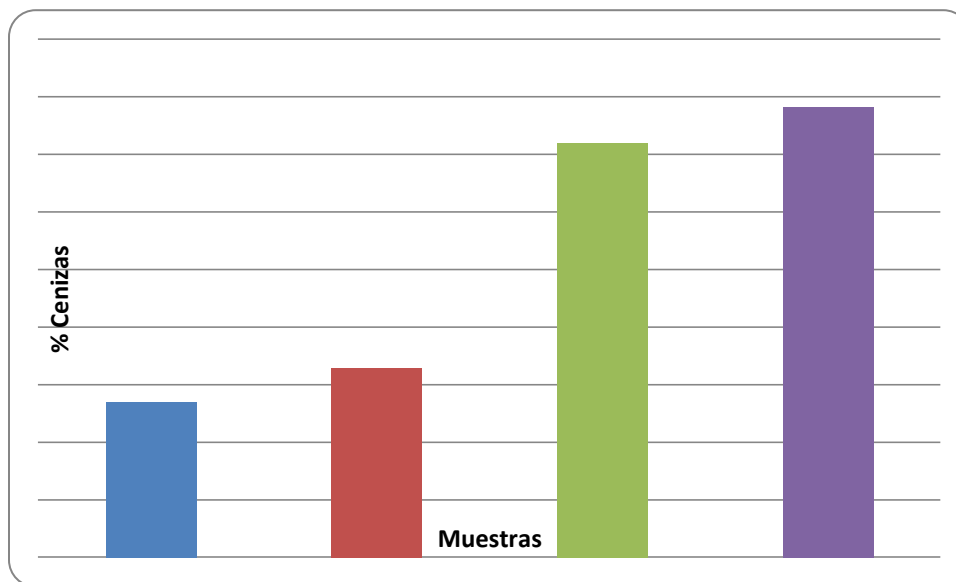
**Figura 11** Contenido de humedad

En el cuadro 4.2 y la figura 15, se puede observar que la formulación de 15-15 espinaca-albahaca presenta un mayor contenido de humedad, en comparación con el control y la formulación 25-15 espinaca-albahaca y 35-15 espinaca-albahaca, que presentan una mayor pérdida de humedad, esto puede estar afectado por parte de la actividad de la levadura en los diferentes panes, ya que esta realiza el proceso de fermentación transformando a los azúcares presentes en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , los cuales evitan el incremento de calor dentro de la miga y por lo tanto gran pérdida de humedad (58).

### 4.3 Cenizas

Muestra	(%) C	Tukey
Control	3.135000	b
15 g espinaca – 15 g albahaca	3.164533	b
25 g espinaca – 15 g albahaca	3.360233	a
35 g espinaca – 15 g albahaca	3.390933	a*

\*Los valores seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )



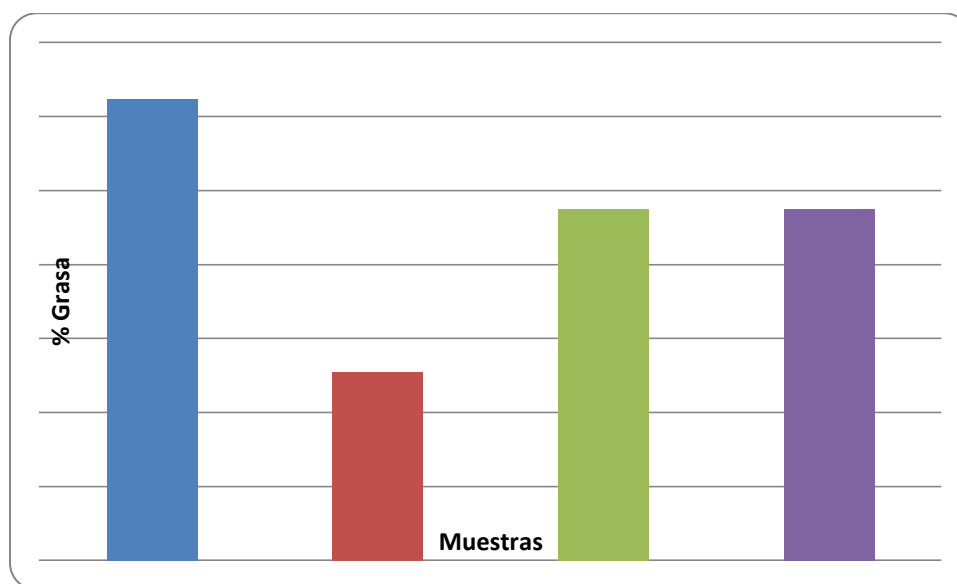
**Figura 12** Contenido de cenizas en los panes

Los resultados de cenizas que se observan en el cuadro 4.3 y la figura 16 muestran un incremento significativo de cenizas en los panes, debido a la concentración de espinaca adicionada. Al pan control no se le adiciono espinaca por lo cual presenta el menor contenido de cenizas, mientras que en las formulaciones 15-15 espinaca-albahaca, 25-15 espinaca-albahaca y 35-15 espinaca-albahaca, presentan un incremento de cenizas, esto se logró debido a que la espinaca (*Spinacea oleracea* L) es un alimento bajo en calorías, con bajo contenido de grasa, relativamente bajo en proteínas y buen aportador de fibra y micronutrientes como vitamina C, vitamina A y minerales, especialmente hierro (73,20).

#### 4.4 Extracto Etéreo o grasa total

Muestra	(%) E. E	Tukey
Control	4.323200	a*
15 g espinaca – 15 g albahaca	3.954150	c
25 g espinaca – 15 g albahaca	4.175267	b
35 g espinaca – 15 g albahaca	4.174433	b

\*Los valores seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )



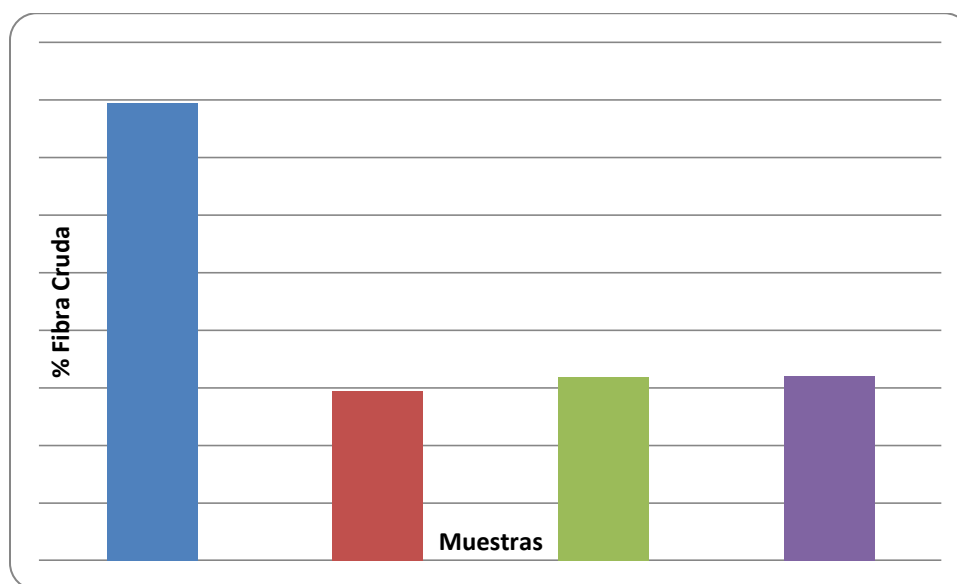
**Figura 13** Contenido de grasa en los panes

En la figura 17 y el cuadro 4.4 se observa que dos de las muestras (25-15 espinaca-albahaca y 35-15 espinaca-albahaca), son estadísticamente iguales, mientras que la muestra control y 15-15 espinaca-albahaca, muestran un comportamiento diferente a las otras, debido a que la espinaca adicionada a los panes es muy baja en calorías y bajo contenido de grasas (73,20), por lo que justifica que la muestra control al no contener espinaca, presente una mayor cantidad de grasa, mientras que a los panes que se les adiciona espinaca, esta disminuye o aumenta su contenido de grasa de acuerdo a la cantidad que se le adiciona.

#### 4.5 Fibra Cruda

Muestra	(%) F. C	Tukey
Control	0.284667	a*
15 g espinaca – 15 g albahaca	0.259667	a
25 g espinaca – 15 g albahaca	0.260933	a
35 g espinaca – 15 g albahaca	0.260967	a

\*Los valores seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )



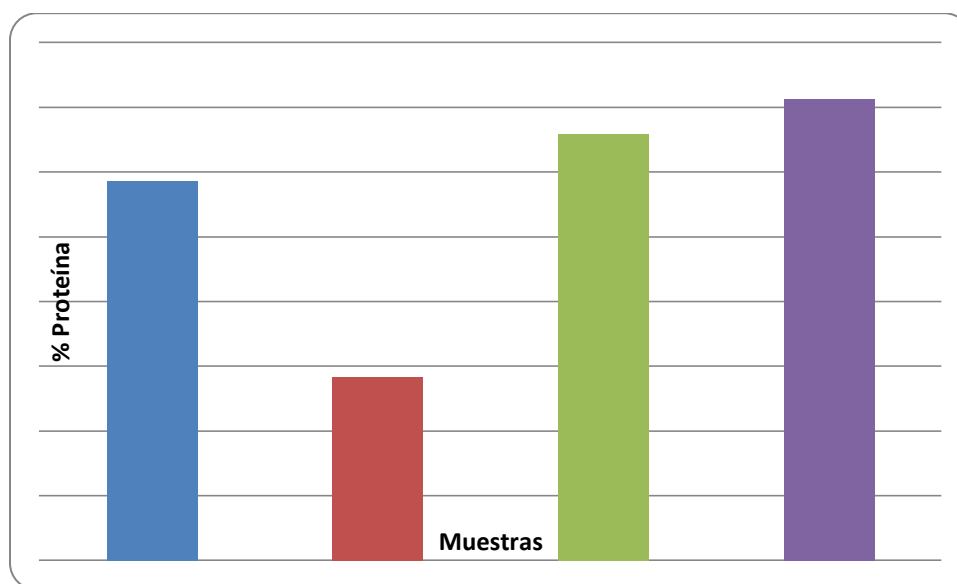
**Figura 14** Contenido de fibra en los panes

El cuadro 4.5 muestra que estadísticamente todas las muestras son iguales, es decir que presentan un contenido de fibra similar, debido a que el control y las 3 formulaciones se elaboraron con la misma cantidad de harina blanca e integral, las cuales presentan en su composición fibra, en mayor cantidad la harina integral (15).

#### 4.6 Proteína

Muestra	(%) Proteína	Tukey
Control	11.58613	a*
15 g espinaca – 15 g albahaca	11.28273	a
25 g espinaca – 15 g albahaca	11.65837	a
35 g espinaca – 15 g albahaca	11.71267	a

\*Los valores seguidos de la misma literal son estadísticamente iguales según, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )

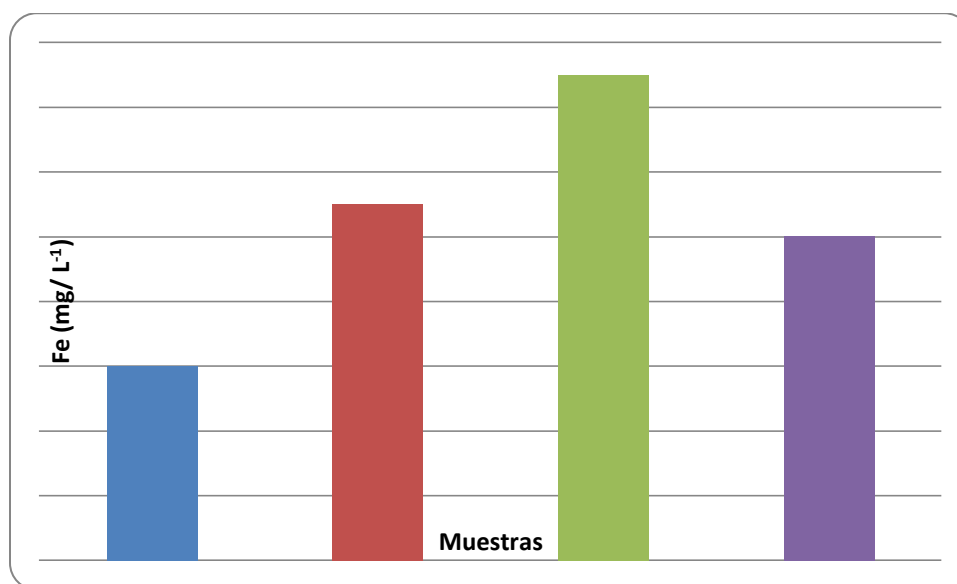


**Figura 15** Contenido de proteína en los panes

En la figura 19 se puede observar que el contenido de proteína en el control y las 3 formulaciones son estadísticamente iguales, probablemente a que la espinaca no influyo en el contenido de proteína, debido a que es un alimento relativamente bajo en proteínas, lo que influyo fue la cantidad de las dos harinas utilizadas (se utilizó la misma cantidad para las 3 formulaciones y el control), ya que estas aportan proteínas procedentes del cereal (38).

#### 4.7 Hierro

Muestra	Fe (mg/ L <sup>-1</sup> )
Control	50.0
15-15 espinaca - albahaca	55.0
25-15 espinaca - albahaca	59.0
35-15 espinaca - albahaca	54.0



**Figura 16** Contenido de hierro en los panes

Los resultados en cuanto a la concentración de hierro muestran que en los tres niveles adicionados se incrementa la concentración de esta mineral, si se considera al control como el 100 %, los niveles incrementan en un rango del 8-18 %, es decir se incrementa 1.5 veces en el nivel de 25-15 espinaca-albahaca. Este es un resultado positivo ya que cumple con los objetivos del presente trabajo. Álvaro de Jesús Arango Ruiz y colaboradores (2012), presentan un estudio realizado a la espinaca y harina fortificada sobre su contenido de hierro ferroso, mostrándonos un aumento de hierro en la masa con espinaca agregada, en comparación con la masa control, coincidiendo dichos resultados con el presente trabajo realizado.



## 5. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos del presente trabajo, se concluye:

- Se elaboró un pan gourmet con cualidades nutritivas, presentando un contenido de 3.36 % de cenizas y 11.65 % de proteína.
- Se determinó la cantidad de hierro que aportó el pan integral, en donde la formulación 25-15 espinaca-albahaca presentó la mayor cantidad de hierro 59.0 mg/L<sup>-1</sup> observando que la espinaca es apta para incrementar el contenido de hierro en productos de panadería.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abraham Stekel, Manuel Torres Olivares, Inés López, Patricia Chadud, Gloria Castano. Deficiencia de Hierro y Enriquecimiento de Alimentos.
2. Adigüzel, A., M. Güllüce, M. Sengül, H. Öđütcü, F. p ah in, and Ý. Karam an. (2005). Antimicrobial effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) extract. Turk J. Biol. 29: 155-160.
3. Aleixandre J.L. (1996). Procesos de Elaboración de Alimentos. Ed. U.P.V. Valencia.
4. Álvaro de Jesús Arango Ruiz, Catalina María Vélez Argumedo, Yamile Jaramillo Garcés, María Adelaida Valencia Rojas, Ángela Hernández Sierra.(2012). Cuantificación de hierro ferroso en espinaca y harina fortificada: una aplicación para la industria de panificación. *Journal of ENGINEERING AND TECHNOLOGY*. 1(1): sp.
5. ANA CASP V. José Abril R. (2003). Procesos de Conservación de Alimentos. Segunda edición, ediciones Mundi- Prensa, Coedición A. Madrid Vicente. Pp 101.
6. Andelman, M. B. and Sered, B. R. Utilization of Dietary Iron by Term Infants. Amer. J. Dis. Child. (1):54, 1965.
7. Andrés Fabián Pighín G, Ana Lía Rossi de R. (2010). ESPINACA FRESCA, SÚPER CONGELADA Y EN CONSERVA: CONTENIDO DE VITAMINA C PRE Y POST COCCIÓN. *Revista Chilena Nutrición*.37 (2).
8. Argueta V.A., Cano A.L. (1994). *Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana*. . Instituto Nacional Indigenista. México. 86-88.
9. Beard JL. (2001). Functional consequences of nutritional anemia in adults. En: Ramakrishnan U. ed. Nutritional anemias.CRC Press, Boca Raton, Fla.111-128.
10. Beard JL, Dawson H, Piñero DJ. (1996). Iron metabolism: a compressive review. Nutr Rev. 54:295-317.

11. Beranbaum Rose Levy. (2003). *The Bread Bible* (1<sup>a</sup> edition) W.W. Norton & Company.
12. Bothwell TH, Charlton RW, Cook JD, Finch CA. Iron metabolism in man. Oxford: Blackwell Scientific 1979.
13. Bourgeois, M. Larpent, J. P.1995. Microbiología Alimentaria II: *Fermentaciones Alimentarias*. Ed. Acribia, Zaragoza.
14. Carreño F., C y Villanueva A., C. (2007). Manual de Prácticas de Microbiología Industrial. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Microbiología y Parasitología. Lambayeque.
15. Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de Panificación y Bollería*. 2<sup>a</sup> edición. Mundi - Prensa. Madrid, España.
16. Callejo, M. J. (2002). Industrias de Cereales y Derivados. Ed. AMV-Mundi-Prensa, Madrid.
17. Cavel, R. (1983). La Panadería Moderna. Ed. América Lee. Buenos Aires.
18. Cavel, R. (1994). El sabor del Pan. Ed. Montagud. Barcelona.
19. Disler PB, Lynch SR, Charlton RW, Torrance JD, Bothwell TH. The effect of tea on iron absorbtion. Gut 1975; 16: 193-200.
20. Favell D. A. (1998).Comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables, *Food Chem.* 62(1): 59-64.
21. Fajardo C., E. y S. Sarmiento F. (2007). Evaluación de Melaza de Caña como Sustrato para la Producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
22. Fellows P. (1993). Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas. Ed. Acribia, Zaragoza.

23. Flanagan P. (1989). Mechanisms and regulation of intestinal uptake and transfer of iron. *Act Paediatr Scand Suppl.*361:21-30.
24. Fleisher A. (1981). Essential oils from two varieties of *Ocimum basilicum* L. grown in Israel. *J. Sci. Food Agric.* 32:1119-1122.
25. García Roche Laura, Olmo Enjuto Verónica. *Proceso de elaboración del pan precocido, Baguette o pan francés.* Universidad Politécnica de Cataluña.
26. Garibaldi, A., M. L. Guillino, and G. Minuto. (1997). Diseases of basil and their management. *Plant Dis.* 81: 124-132.
27. G, GIANOLA. (1990). *Repostería Industrial* tomo I. Madrid España. Pp 10-14
28. González Palomares S, Vázquez García E.S. (2008). Caracterización de compuestos aromáticos en fruta de noni (*Morinda citrifolia* L.). *Boletín de CONCIENCIA y Tecnología.* Secretaría de Educación Jalisco (SEJ). (3):21-26.
29. González-Zúñiga Juan Antonio, González-Sánchez, Héctor Manuel, González-Palomares Salvador, Rosales-Reyes Tábata, Andrade-González Isaac. (2011). Micro extracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Redalyc Acta Universitaria.* 21(1):17-22.
30. Granito, M; Guerra, M. (1995). Uso del germen desengrasado de maíz en harinas compuestas para panificación. Madrid, España *Arch Latinoam Nutr.* 45(4):322-328.
31. Guinet, R.; Godon, B. 1996. *La Panificación.* Ed. Montagud, Barcelona.
32. Gunshin H, Mackenzie H, Berger U, Gunshin Y, Romero MF, Boron WF, Nussberger S, Gallan JL, Hediger MA.(1997).Cloning and characterization of a mammalian proton-coupled metal-ion transporter. *Nature.* 388: 482-488.
33. Hallberg L, Rossander-Hulthen L, Brune M, Gleerup A.(1993).Inhibition of haem-iron absorption in man by calcium. *Br Nutr.* 69:533-540.

34. Hallberg L, Rossander L, Skanberg AB. (1987). Phytates and the inhibitory effect of bran on iron absorption in man. *Am J Clin Nutr.* 45: 988-996.
35. Haro J.F., Martínez García C. Periago María, Ros G. (2005). PREVENCIÓN DE LA DEFICIENCIA EN HIERRO MEDIANTE EL ENRIQUECIMIENTO DE LOS ALIMENTOS. Grupo de Investigación de Nutrición y Bromatología. Universidad de Murcia. Murcia, España.
36. Henry Fierro Padilla, Jessica Jara Vera. 2010. ESTUDIO DE VIDA ÚTIL DEL PAN DE MOLDE BLANCO. *Tesina de grado*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
37. Hensperger Beth, Chuck Williams, Noel Bamhurst. (2002). *Bread* (1ª edición). Simón & Schuster Source.
38. Hernández Rodríguez Manuel. (1999). *Tratado de Nutrición*, 1º edición (en español), Madrid: Ed. Diaz de Santos. ISBN 84-7978-387-7.
39. Howell. D. Clinical Problems of Iron Deficiency in Early Life. Sixty-Second Ross Conference on Pediatric Research, Iron Nutrition in Infancy, 1970.
40. Humanes, J. P. 1994. *Pastelería y Panadería*. Ed. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.
41. Hurrell R, Lynch SR, Trinidad TP, Dassenko SA, Cook JD. (1989). Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. *Am J Clin Nutr.* 49: 546-552.
42. Jacobs, A, Bemley, D. P, Joynson, D, and Jones, P. Immunological Abnormalities in Iron Deficiency Anemia. Meeting Brit. Soc. Hematol., Aberdeen, 1973.
43. Joint/FAO/WHO. Expert Group on Requirements of Ascorbic Acid, Vitamin D, Vitamin B<sub>12</sub>, Folate and Iron, Wld. Hth. Org. techno. Rep. Ser. N° 452, 1970.

44. Juliani, H. R. and J. E. Simon. (2002). Antioxidant activity of basil. 575-579. *In*: J. Janick and A. Whipkey (eds.). Trends in new crops and new uses. ASHS Press. Alexandria, VA, USA.
45. J.M. Mesas, M. T. Alegre. (2002). EL PAN Y SU PROCESO DE ELABORACIÓN. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 3 (005): 307-313.
46. Koba K, Poutouli P. W., Raynaud C., Chaumont J.P., Sandra K. (2009). Chemical composition and antimicrobial properties of different basil essential oils chemotypes from Togo. *Bangladesh J.Pharmacol*.4:1-8.
47. Lachowicz K. J., Jones G. P., Briggs D. R., Bienvenu F. E., Palmer M. V., Mishra V., Hunter M.M. (1997). Characteristics of plants and plant extracts from five varieties of basil (*Ocimum basilicum* L). grow in Australia. *J. Agric. Food Chem*. 45(7): 2660-2665.
48. Lanzkowsky P. Metabolismo del hierro y anemia ferropénica. En: Hematología pediátrica. 3ra ed. La Habana: Editorial Científico -Técnica; 1987: p.121-93.
49. Layrisse M, Martínez-Torres C. (1972). Model for measuring dietary absorption of heme iron: test with a complete meal. *Am J Nutr*. 25: 401-441.
50. Layrisse M, Martinez-Torres C, Leets I, Taylor P, Ramirez J. (1984). Effect of histidine, cysteine, glutathione or beef on iron absorption in humans. *Brit J Nutr*. 52: 37-46.
51. Lee S. J., Umano K., Shibamoto T., Lee K.G. (2005). Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chem*. 91:131-137.
52. Madrid A, Cenzano I. (2001). Nuevo Manual de Industrias Alimentarias. Ed. AMV-Mundi Prensa, Madrid.
53. Magaña Barajas, Elisa; Ramírez Wong, Benjamín; Torres Chávez, Patricia Isabel; Sánchez Machado, Dalia Isabel; López Cervantes, Jaime. (2011). Efecto

del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad de pan tipo francés. *Redalyc Interciencia*. 36(4):284-255

54. María Ofelia Buendía González. (2010). Manual de prácticas de tecnología de cereales. Universidad Autónoma Chapingo.

55. Marlen Ruiz González, María Victoria Picó Bergantiños, Lourdes Rosich García, Leonardo Morales Lamadrid. (2002). El Factor alimentario en la presencia de la deficiencia del hierro. *Scielo Revista Cubana de Medicina General Integral*.18 (1): 46-52.

56. Mc Cann J. Amer. J. Clin. Nutr. 85(4):931; 2007.

57. Miele M, Dondero R, Ciarallo G, Mazzei M. (2001). Methyleugenol in *Ocimum basilicum* L. Cv. Genovese Gigantic. *J. Agric. Food Chem*. 49:517-521.

58. Mondal A, Datta AK. (2007). Bread baking – a review. *Journal of Food Engineering*. 86:465-474

59. Olga Moreiras, Olga Moreiras Tuni, Ángeles Carbajal, Luisa Cabrera Forneiro, Carmen Cuadrado Vives. (2007). *Tabla de composición de alimentos*. Pirámide.

60. Olivares M. Nutritional Anemias. In: Clinical nutrition of the Young child. Ballabriga A, Brusner O, Dobbing J, Gracey M, Senterre J, editors. Raven Press\Nestlé, New York\Verrey, Chapter 29, 1995: 561-575.

61. Olivares M, Walter T. Consecuencias de la deficiencia de hierro. (2003). *Revista chilena de Nutrición*. 30:226-233.

62. Padrini F, Lucheroni M.T. (1997). Aceites esenciales. De Vecchi, S.A. Barcelona.

63. Pérez, N.; Mayor, G.; Navarro, V.J. (2001). Procesos de Pastelería y Panadería. Ed. Acribia, Zaragoza.

64. Pizarro A Fernando, Olivares G Manuel, Kain B Juliana. (2005) Hiero y Zinc en la Dieta de la Población de Santiago. *Redalyc Revista Chilena de Nutrición*. 32(1): sp
65. Quintero G A. (2002). Desarrollo de un alimento funcional a partir de hierro hémico y evaluación de su biodisponibilidad, para la prevención y corrección de la deficiencia de hierro. *Tesis de doctorado*. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Veterinaria. España.
66. Red blood cells, anemia and polycythemia. En: Guyton A and Hall J. *Textbook of Medical Phsyiology*. 9na ed. Phyladelphia: Editorial N.B. Saunders: 1996; p. 425-33.
67. Rocío González Urrutia. (2005). Biodisponibilidad del hierro. *Scielo Revista Costarricense de Salud Pública*. 14(26): sp.
68. Rossander-Hulthén L, Haallberg L. Dietary factors influencing iron absorption-an overview. In: Iron nutrition in health and disease. Hallberg L, Asp NG, eds. London: John Libbey & Co, 1996: 105-116.
69. Sharma K K. (2003).Improving bioavaibility of iron in Indian diets through food-based approaches for the control of iron deficiency anemia. *Revista Alimentación, Nutrición y Agricultura*. 32:51-61.
70. Stekel A, Olivares M, Pizarro F, Amar M, Chadud P, Cayazzo M, Llaguno S, Vega V, Hertrampf E. The role of ascorbic acid in the bioavailability of iron from infant foods. *Int J Vitaminol Nutr Res* 1885; (suppl 27): 167-175.
71. SOTO, P. (2000). Panadería – Pastelería. Editora y distribuidora palomino E.I.R.L. Primera Edición. Pp 13-14
72. Tejero, F. 1992-1995. Panadería Española. (2Vols.). Ed. Montagud, Barcelona.
73. Toledo M. Ueda Y, Imahori Y, Ayaki M. (2003) L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea L*) during postharvest stage in Light dark. Posthar-vest, *Biol Technol*.28 (1): 47-57.



74. Vanesa Torres Saura, S. Grande Beltrán, E. Del Castillo Quesada, B. Álvarez Fernández, M. Dolores Guerrero Chica, M. Machuca Medina. (2011). Procesos de panificación en la industria alimentaria. *Hig. Sanid. Ambient.* 11: 739-745.
75. Webb. T. E. and Oski F. A. Iron Deficiency Anemia and Scholastic Achievement in Young Adolescents. *J. Pediat.*, 82: 827, 1973
76. WHO Scientific Group on Nutritional Anemia. *Hlth. Org. techn. Rep. Ser.*, N° 405, 1968
77. Wossa S.W., Rali T., Leach D. N. (2008). Volatile chemical constituents of three *Ocimum* species (*Lamiaceae*) from Papua New Guinea. *SPJNS*.26:25-27.

## **PÁGINAS WEB**

78. <http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/Espicias/Albahaca.html>
79. <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>
80. <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/panintegral.pdf>
81. <http://es.scribd.com/doc/20375393/29/Caracteristicas-generales>
82. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>
83. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S06.htm>
84. <http://alimentos.org.es/espinacas>
85. [http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos\\_Digitales/600/640/38435.pdf](http://biblioteca.duoc.cl/bdigital/Documentos_Digitales/600/640/38435.pdf)