



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**“ELABORACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE PAN ENRIQUECIDO CON  
FIBRA DE CUTÍCULA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y ESPINACA (*Spinacia  
oleracea*)”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

**AUTOR: JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN**

**TUTOR: MSc. PAOLA ARGÜELLO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo está dedicado con mucho cariño  
A la Santísima Trinidad del Cielo, a la Virgen María,  
A mis padres y hermanos, sustento, ejemplo, lucha y vida.*

*A mi perrito Manchoso, cuya fidelidad  
Hacia el hombre alejada de su instinto  
Es una obra de arte, donde se refleja  
Hasta el mínimo detalle de  
La creación bondadosa y perfecta de Dios.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi agradecimiento a  
La Santísima Trinidad del Cielo,  
A la Virgen María, a  
Mis padres y hermanos.*

*Un afectuoso agradecimiento para los docentes:  
A mi directora de tesis, Ing. Paola Arguello y  
A mi asesor de tesis, Dr. Carlos Pilamunga  
Por su colaboración, me quedo muy agradecido.*

*Un especial agradecimiento a la Dra. Sandra López y al  
Ing. Patricio Guevara de la Facultad de Ciencias Pecuarias  
Por su colaboración con el laboratorio, equipos y demás  
Implementos necesarios para el desarrollo de ese trabajo.*

*Un especial agradecimiento  
A la Escuela de Gastronomía y  
A sus panelistas de degustación  
Por su cooperación brindada.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “ELABORACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE PAN ENRIQUECIDO CON FIBRA DE CUTÍCULA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) Y ESPINACA (*Spinacia oleracea*)” de responsabilidad del señor egresado Jefferson Víctor Paz León, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. César Ávalos  
**DECANO FACULTAD**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Ana Albuja  
**DIRECTORA DE ESCUELA  
BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Paola Argüello MSc.  
**DIRECTORA DE TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dr. Carlos Pilamunga Ph.D.  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**COORDINADOR  
SISBB – ESPOCH**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA DE TESIS ESCRITA**

\_\_\_\_\_

Yo, Jefferson Víctor Paz León, soy responsable  
De las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta  
Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado,  
Pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHIMBORAZO

---

JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

% Porcentaje  
°C Grados Centígrados  
ug. Microgramos  
\$ Dólares  
ADN Ácido Desoxirribonucleico  
ADEVA Análisis de Varianza  
a.m Antes del Meridiano  
AOAC Asociación Oficial de Análisis Químicos  
cm Centímetros  
EFSA Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria  
ELN Extracto Libre de Nitrógeno  
EROS Especies Reactivas de Oxígeno  
ESPOCH Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación  
Fd Fibra dietética  
g gramos  
Has Hectáreas  
HMG CoA reductasa Hidroxi Metil Glutaril Coenzima A reductasa  
ILSI – E Instituto Nacional de Ciencias de la Vida en Europa  
INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos  
IFT Instituto de Alimentos de Estados Unidos  
IR Infrarrojo  
k kilos  
kcal kilocalorías  
LDL Lipoproteínas de Baja Densidad  
m Metros  
mg Miligramos  
ml Mililitros  
ng Nanogramos  
NTE INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización  
OMS Organización Mundial de la Salud  
p.m Pasado el Meridiano  
TV Televisión  
UFC/g Unidades Formadoras de Colonias por gramo  
UV Ultravioleta  
VLDL Lipoproteínas de Muy Baja Densidad

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

1. MARCO TEÓRICO .....	- 1 -
1.1. Pan .....	- 1 -
1.1.1. <i>Definición y clasificación</i> .....	- 1 -
1.1.2. <i>Elaboración industrial del pan</i> .....	- 3 -
1.1.2.1. Amasado .....	- 3 -
1.1.2.2. División y pesado .....	- 3 -
1.1.2.3. Boleado .....	- 3 -
1.1.2.4. Reposo .....	- 4 -
1.1.2.5. Formado.....	- 4 -
1.1.2.6. Fermentación .....	- 4 -
1.1.2.7. Corte .....	- 5 -
1.1.2.8. Cocción .....	- 5 -
1.1.3. <i>Composición química del pan</i> .....	- 5 -
1.1.3.1. Agua .....	- 6 -

1.1.3.2.	Hidratos de Carbono.....	- 6 -
1.1.3.3.	Proteínas.....	- 8 -
1.1.3.4.	Grasas.....	- 8 -
1.1.3.5.	Fibra.....	- 9 -
1.1.3.6.	Vitaminas y Minerales.....	- 10 -
1.1.3.7.	Levadura.....	- 10 -
1.1.3.8.	Sal.....	- 11 -
1.1.4.	<i>Envejecimiento del pan</i> .....	- 11 -
1.2.	Alimentos funcionales.....	- 14 -
1.2.1.	<i>Fibra dietética</i> .....	- 16 -
1.2.2.	<i>Ingredientes y sus componentes funcionales</i> .....	- 18 -
1.2.2.1.	Cutícula de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> ).....	- 18 -
1.2.2.2.	Producción de tomate en Ecuador.....	- 21 -
1.2.2.3.	Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ).....	- 22 -
1.2.2.4.	Producción de espinaca en Ecuador.....	- 25 -
1.3.	Análisis de alimentos.....	- 25 -
1.3.1.	<i>Análisis proximal</i> .....	- 25 -
1.3.1.1.	Humedad.....	- 26 -
1.3.1.2.	Cenizas.....	- 26 -
1.3.1.3.	Proteína.....	- 27 -
1.3.1.4.	Lípidos.....	- 28 -
1.3.1.5.	Fibra.....	- 28 -
1.3.1.6.	Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).....	- 30 -
1.3.2.	<i>Análisis complementario</i> .....	- 30 -
1.3.2.1.	Determinación de Licopeno.....	- 30 -
1.3.2.2.	Determinación de pH.....	- 32 -
1.3.3.	<i>Análisis microbiológico</i> .....	- 33 -
1.3.3.1.	Mesófilos aerobios.....	- 33 -
1.3.3.2.	Hongos (mohos y levaduras).....	- 34 -
1.3.3.3.	Coliformes totales.....	- 34 -



1.3.4. <i>Análisis sensorial</i> .....	- 35 -
1.3.4.1. Pruebas de satisfacción.....	- 37 -
1.4. Análisis estadístico .....	- 38 -
1.4.1. <i>Análisis de varianza</i> .....	- 38 -
1.4.2. <i>Prueba o test de Tukey</i> .....	- 39 -
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL</b> .....	<b>- 40 -</b>
2.1 Lugar de investigación.....	- 40 -
2.2 Personal encuestado.....	- 40 -
2.3 Materiales, equipos y reactivos .....	- 40 -
2.3.1 <i>Materia prima</i> .....	- 40 -
2.3.2 <i>Materiales</i> .....	- 41 -
2.3.3 <i>Equipos</i> .....	- 42 -
2.3.4 <i>Reactivos</i> .....	- 42 -
2.3.5 <i>Medios de cultivo</i> .....	- 43 -
2.4 Métodos .....	- 43 -
2.4.1 <i>Fase experimental</i> .....	- 43 -
2.4.1.1 Formulaciones utilizadas en la elaboración del pan .....	- 43 -
Preparación de la cutícula de tomate y la espinaca .....	- 44 -
2.4.1.2 Análisis sensorial.....	- 46 -
2.4.1.3 Análisis bromatológico.....	- 46 -
DETERMINACIÓN DE pH: NTE INEN 0095 .....	- 46 -
DETERMINACIÓN DE CENIZAS: Método de incineración en mufla. (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50).....	- 49 -
DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA: Método de Kjeldahl. (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50).....	- 50 -
DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO: Método de Goldfisch. (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50).....	- 52 -

DETERMINACIÓN DE FIBRA: Método LABCONCO. (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50)-	53 -
DETERMINACIÓN DE EXTRACTO LIBRE NO NITROGENADO (ELnN). Cálculo mediante la diferencia entre 100 y la suma y de los demás componentes correspondientes al análisis proximal. (50) .....	- 55 -
DETERMINACIÓN DE LICOPENO: Método por espectrofotometría de luz visible. (13)-	55 -
2.4.1.4. Análisis microbiológico.....	- 56 -
ANÁLISIS DE MESÓFILOS AEROBIOS (27).....	- 56 -
ANÁLISIS DE MOHOS Y LEVADURAS (27) .....	- 58 -
ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES (27).....	- 59 -
2.4.2 <i>Análisis estadístico</i> .....	- 60 -
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	- 61 -
3.1 Análisis sensorial.....	- 61 -
3.2 Resultados pH y análisis bromatológico .....	- 66 -
3.2.1 <i>Determinación de pH</i> .....	- 66 -
3.2.2 <i>Contenido de humedad</i> .....	- 67 -
3.2.3 <i>Contenido de cenizas</i> .....	- 67 -
3.2.4 <i>Contenido de proteína</i> .....	- 68 -
3.2.5 <i>Contenido de extracto etéreo</i> .....	- 68 -
3.2.6 <i>Contenido de fibra</i> .....	- 69 -
3.2.7 <i>Contenido de extracto libre de nitrógeno</i> .....	- 69 -
3.3 Análisis microbiológico.....	- 71 -
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	- 72 -
4.1 Conclusiones .....	- 72 -
4.2 Recomendaciones .....	- 73 -
5. BIBLIOGRAFÍA .....	- 74 -
6. ANEXOS .....	- 81 -

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN DE LOS CLIENTES POTENCIALES .....	- 62 -
CUADRO 2. RESULTADOS DE LA MULTIPLICACIÓN POR EL FACTOR .....	- 62 -
CUADRO 3. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO DE LOS CLIENTES POTENCIALES .....	- 63 -
CUADRO 4. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO MULTIPLICADO POR EL FACTOR .....	- 63 -
CUADRO 5. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN DEL PANEL DE EXPERTOS.....	- 64 -
CUADRO 6. RESULTADOS DE LA MULTIPLICACIÓN POR EL FACTOR .....	- 64 -
CUADRO 7. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO DEL PANEL DE EXPERTOS.....	- 65 -
CUADRO 8. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO MULTIPLICADO POR EL FACTOR .....	- 65 -
CUADRO 9. RESULTADO DEL ENSAYO DE PANIFICACIÓN NTE INEN 530 1980 – 12-65 -	
CUADRO 10. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS TRES FORMULACIONES DE PAN JUNTO CON EL PAN TESTIGO.....	- 66 -
CUADRO 11. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE PAN.....	- 71 -

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DE 100 G. DE PAN ..	- 6 -
TABLA 2 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA HARINA DE TRIGO .....	- 7 -
TABLA 3 RECOMENDACIONES DEL CONSUMO DE FIBRA SEGÚN LA EFSA (AUTORIDAD EUROPEA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA).....	- 17 -
TABLA 4 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DE 100 G. DE ESPINACA .....	- 24 -
TABLA 5 ZONAS DE CULTIVO DE ESPINACA EN EL ECUADOR .....	- 25 -
TABLA 6 PORCENTAJE DE ESPINACA ( <i>Spinacia oleracea</i> ) Y CUTÍCULA DE TOMATE <i>Solanum lycopersicum</i> ) .....	- 43 -
TABLA 7 INGREDIENTES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE PAN .....	- 44 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 CONVERSIÓN DE AZÚCARES COMPLEJOS A AZÚCARES SIMPLES. (UNIVERSIDAD DE CÓRDOVA, 2012.).....	- 8 -
FIGURA 2 CLASIFICACIÓN DE PRUEBAS SENSORIALES APLICADAS POR LA CIENCIA ALIMENTARIA, LÓPEZ 1993. ....	- 36 -
FIGURA 3 MODELO DE EVALUACIÓN HEDÓNICA FACIAL. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2010. ....	- 38 -
FIGURA 4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN.....	- 45 -

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1 CUTÍCULA DE TOMATE DESHIDRATADA Y MOLIDA .....	- 18 -
FOTOGRAFÍA 2 ESPINACA DESHIDRATADA Y MOLIDA .....	- 25 -

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 TEST DE DEGUSTACIÓN CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS SENSORIAL .....	- 81 -
ANEXO 2 ENSAYO DE PANIFICACIÓN INEN 530 1980-12 .....	- 83 -
ANEXO 3 FOTOGRAFÍAS DE LA ELABORACIÓN DE PAN Y EVALUACIONES DE DEGUSTACIÓN .....	- 84 -
ANEXO 4 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS PROXIMAL.....	- 86 -
ANEXO 5 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS COMPLEMENTARIO (CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO) .....	- 92 -
ANEXO 6 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....	- 92 -

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue elaborar un pan que contenga componentes funcionales como la fibra y licopeno utilizando cutícula de tomate y espinaca para mejorar la alimentación de la población; el estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La preparación del pan se realizó empleando tres formulaciones F1 (7% - 3%), F2 (5% - 5%) y F3 (3% - 7%) con las respectivas cantidades de espinaca y cutícula de tomate deshidratadas y una formulación testigo FN, con ausencia total de estos ingredientes. Se realizó el análisis sensorial a un panel de expertos y de consumidores potenciales, el análisis microbiológico comprendió la investigación de microorganismos indicadores como mesófilos aerobios, coliformes totales y mohos; para el análisis bromatológico al igual que para la cuantificación de fibra se empleó la metodología de Weende, la cuantificación de licopeno en el alimento se hizo a través de espectrofotometría como lo indica el estudio propuesto por Rosales (2008) y Nagata, Yamashita (1992); los resultados de los análisis se tabularon y se sometieron al estudio estadístico empleando las pruebas de ANOVA y TUKEY que determinaron diferencias estadísticas significativas en los componentes funcionales.

La formulación que mayor aceptación tuvo por medio del análisis sensorial fue F3 (3% - 7%) con un contenido de fibra de 3.88 % y 1.22 ug/g de licopeno, seguido de la formulación F2 (5% - 5%) con 3,99% y 0.86 ug/g, y F1 (7% - 3%) con 4,74% y 0.33 ug/g de los componentes ya mencionados; dentro del análisis de los componentes nutricionales destaca la presencia de ceniza en mayor cantidad en la tercera formulación, lo que constituye un indicativo del porcentaje de minerales que contiene el pan. El consumo de este tipo de pan enriquecido con fibra y licopeno que constituye una fuente importante de antioxidantes, es recomendable para la prevención de enfermedades metabólicas y degenerativas causadas por la mala alimentación, por lo que puede ser consumido por todas las personas que deseen llevar un estilo de vida más saludable en referencia a la dieta.



## SUMMARY

The aim of this work was to develop a bread containing functional components such as fiber and lycopene using tomato and spinach cuticle to improve nutrition of the population; The study was conducted at the Laboratory of Food Science, Faculty of Animal Sciences at the Polytechnic School of Chimborazo.

The preparation of the bread was made using three formulations F1 (7% - 3%), F2 (5% - 5%) and F3 (3% - 7%) with the respective quantities of dehydrated spinach and tomato cuticle and control formulation FN, with total absence of these ingredients. Sensory analysis a panel of experts and potential consumers was conducted microbiological analysis included the investigation of mesophilic aerobic microorganisms as indicators, total coliforms and molds; for compositional analysis as well as for the quantification of the metología fiber Weende use, the quantification of lycopene in food was made by spectrophotometry as indicated by the proposed Rosales (2008) and Nagata, Yamashita study (1992) ; the test results were tabulated and subjected to statistical analysis using ANOVA and TUKEY that determined statistically significant differences in the functional components.

The formulation had greater acceptance by the sensory analysis was F3 (3% - 7%) with a fiber content of 3.88% and 1.22 ug / g of lycopene, followed by the formulation F2 (5% - 5%) with 3 , 99% and 0.86 ug / g, and F1 (7% - 3%) with 4.74% and 0.33 ug / g of the aforementioned components; in the analysis of the nutritional components is the presence of ash in most in the third formulation, which is indicative of the percentage of minerals in the pan. The consumption of this type of bread enriched with fiber and lycopene which is an important source of antioxidants, it is recommended for prevention of metabolic and degenerative diseases caused by poor diet, which can be consumed by all those who wish to carry a healthier life style in reference to diet.

## INTRODUCCIÓN

El pan es un alimento básico que está compuesto de harina, generalmente de trigo, agua, sal, levadura y materias grasas y se cocina en el horno. El pan es uno de los alimentos más consumidos en Ecuador, tiene un gran aporte nutricional presenta en su composición: hidratos de carbono, proteínas, grasas, algo de fibra, vitaminas, minerales como: calcio, fósforo, hierro, magnesio, zinc. Su contenido o aporte nutricional dependerá del tipo de pan que se ingiera, así se puede mencionar el pan blanco, el pan integral y el pan elaborado en el presente trabajo de investigación, al que puede denominarse como: *pan de hortalizas*.

El *pan de hortalizas* es un alimento cuyos principales ingredientes son la harina blanca, la cutícula de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) y las hojas de espinaca (*Spinacia oleracea*), este pan es muy rico hablando nutricionalmente ya que aporta gran cantidad de fibras y componentes funcionales en dependencia de la hortaliza que se utiliza para la elaboración. En este caso se ha hecho uso de la cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*), que contiene licopeno, que es un carotenoide, mientras que en la espinaca (*Spinacia oleracea*) encontramos el beta- caroteno enmascarado por el color verde de la clorofila. Estos dos componentes actúan como antioxidantes protegiendo a los seres humanos de enfermedades degenerativas ya que actúa como antioxidante secuestrando radicales libres, previenen enfermedades degenerativas y retrasas su progresión y reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares. El licopeno también tiene un efecto inmuno-estimulante y realza la salud de la piel protegiéndola de los daños provocados por los rayos ultravioletas. Estudios realizados indican el posible efecto del licopeno en la lucha contra cáncer del tracto digestivo, de pecho y de próstata. El beta-caroteno protege a la piel de la radiación solar y mejora la visión. (11)

El uso de la cutícula de tomate y de la espinaca como ingrediente en la elaboración del pan aporta a la dieta gran cantidad de fibra, mejorando los hábitos nutricionales. Para muchas personas es muy difícil preparar las hortalizas para consumirlas ya que se necesita lavarlas, cortarlas y cocinarlas, en vista de esto, se presenta una opción de un pan con mayor cantidad de fibra ya que la dieta pobre o escasa de la misma puede desencadenar diversos trastornos

orgánicos como tránsito intestinal retardado, pudiendo originar apendicitis, diverticulosis intestinal, aumento de la presión intrabdominal que puede producir hernia de hiato y hemorroides, formación de pólipos y aumento de la cantidad y actividad de carcinógenos fecales que pueden producir cáncer intestinal, estreñimiento, obesidad, diabetes mellitus, también se corre el riesgo de morir con enfermedades cardiovasculares, infecciosas y respiratorias. (11) (28)

La fibra consumida en forma variada y equilibrada proporciona grandes beneficios por cuanto se debe consumir en una proporción diaria de 25 a 38 miligramos diarios, 25 miligramos en mujeres y 38 miligramos en hombres, en la edad adulta, ya que aporta efectos positivos en el masticado, sobre todo en adultos mayores que carecen de sus piezas dentarias o poseen prótesis, y por lo tanto no pueden consumir alimentos duros o secos. La fibra al no ser digerida va arrastrando consigo sustancias como los ácidos biliares ricos en colesterol y ácidos grasos, a su vez disminuye la velocidad de absorción de los hidratos de carbono en el intestino evitando la elevación de la glucemia en sangre; también se relaciona con un mayor índice de saciedad ya que retrasa la sensación de hambre ayudando a perder peso porque calma el apetito; los alimentos que disponen de estas características son las hortalizas, frutas y verduras (ricas en agua). La composición nutritiva ha demostrado que el manejo adecuado de los alimentos permite a las personas perder peso y controlar la obesidad. Un gran porcentaje de adultos mayores con más de 60 años presentan sobrepeso y obesidad, padeciendo problemas de hipertensión arterial y diabetes mellitus. También la fibra vegetal ayuda para combatir el estreñimiento, que es un problema muy frecuente en el adulto mayor que tiene más probabilidad de sufrir estreñimiento que las personas más jóvenes debido a que no se consume alimentos de alto contenido de fibra, sino una gran cantidad de productos ricos en grasas como: lácteos, huevos, postres, azúcares que causan estreñimiento, incluso existen medicamentos como los antihistamínicos, antihipertensivos, antidiuréticos, medicinas para tratar el Parkinson que pueden inducir estreñimiento. (28)

Se debe establecer en los hospitales y centros geriátricos la difusión de una nutrición más adecuada, sobre todo para el sector más vulnerable que son los adultos mayores ya que ellos necesitan nutrirse saludablemente e incrementar en su dieta diaria, fibra y antioxidantes para

prevenir muchas enfermedades propias de la edad y así mejorar la calidad y prolongación de vida; sin embargo para llevar a cabo este propósito no basta incluir el consumo de fibra dentro de la dieta de adultos o ancianos sino en cualquier edad, de esta manera se puede combatir los factores de riesgo como el sobrepeso y la obesidad en los niños, adolescentes y jóvenes, porque con el paso del tiempo se convierten en desencadenantes de alguna patología, de modo que con una buena alimentación desde edades tempranas se pueda llegar a una adultez y vejez más sana y saludable.

## ANTECEDENTES

Para conocer los orígenes del pan debemos remontarnos a un pasado remoto, el descubrimiento fue casual, nos situamos en la Época Neolítica, un antepasado del hombre conoce ya las semillas y cereales, y sabe que una vez triturados y mezclados con agua, dan lugar a una papilla. Este hombre olvida la papilla en una especie de olla, al volver encuentra una torta granulada, seca y aplastada, el primer pan acaba de tomar forma. Desde ese momento, el pan ha estado unido a la evolución del hombre, ha estado presente en conquistas, revoluciones, civilizaciones, descubrimientos, es decir formando parte de la cultura universal del hombre.

En la actualidad se producen una gran variedad de panes con características que van desde mejorar su sabor, restando importancia a la calidad nutritiva y funcional del mismo hasta panes con componentes que no solamente aportan energía al organismo.

A nivel mundial se está cambiando la forma de alimentarse buscando alimentos que ayuden a mantener un estado de vida saludable, en el caso del pan se han desarrollado variedades nuevas, con la vista puesta en la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades, utilizando cereales integrales.

Un elemento que le confiere valor funcional a los cereales integrales es la fibra, componente importante para prevenir enfermedades del tracto gastrointestinal y con ello conferir hábitos de vida saludables. Los efectos beneficiosos para la salud de la fibra alimentaria se derivan de la acción combinada del proceso de fermentación y de los subproductos resultantes. (19)

Hoy en día se busca un pan más saludable, que además de las propiedades nutritivas habituales contengan ciertos ingredientes funcionales altamente beneficiosos para la salud, (fibra dietética, soja...) cuyo consumo diario dentro de una dieta equilibrada contribuyan a mejorar el estado de salud y bienestar, previniendo enfermedades. (19)

Varios estudios se han realizado en torno a mejorar las propiedades nutricionales y nutraceuticas de productos elaborados a base de harina.

Pilataxi, (2013) elaboró pan con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) estallado el cual destacó por su porcentaje considerable de fibra afirmando que debe incorporarse en la dieta de las personas que padezcan de enfermedades digestivas, en el estudio se llegó a la conclusión que el pan con mayor proporción de harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) estallado (20%) tuvo mayor aceptabilidad y mejor valor nutritivo y nutraceutico que el pan de harina de trigo. Mientras que Villaroel *et al* (2003), desarrollaron una formulación optimizada de pan enriquecido con fibra de musgo (*Sphagnum magellanicum*) en el que se evaluó el efecto simultáneo de levadura, musgo, agente esponjante y manteca sobre la calidad sensorial. Se determinó que la mejor combinación para dar una respuesta óptima fue levadura 3.4%, musgo 3%, esponjante 0.07% y manteca vegetal 9%. Se demostró además que las características funcionales que presenta el musgo son muy superiores a las presentadas en otras fuentes de fibra de origen vegetal como el sésamo o la amapola., Pacheco y Testa (2011) realizaron una investigación con el fin de diversificar el uso del plátano verde, procedieron a obtener harina de plátano verde para sustituir 7%, 10% y 20% de harina de trigo en la elaboración de panes y conseguir de esta manera un alimento funcional. A la conclusión que llegaron los investigadores fue que, la harina de plátano verde puede emplearse en la producción de panes preferiblemente hasta un 7% y su adición a los panes aporta más fibra dietética y almidón resistente. Jaya (2010) elaboró donas con harina de quinua y trigo en proporción 40:60, 30:70 y 20:80 respectivamente y las compararon con donas testigo de harina de trigo, observándose que la muestra de proporción 30:70 obtuvo mayor aceptación, poder nutritivo y nutraceutico que la dona testigo, llegando a concluir que la dona con harina de quinua aporta con un 5,6% de fibra más en el requerimiento diario recomendado respecto a lo que aporta la dona testigo.

El pan como alimento funcional no solamente ha sido enriquecido con fibra, sino que además se ha agregado compuestos bioactivos de ciertas frutas o verduras, por ejemplo, Cabezas (2010) desarrolló galletas a base de quinua y guayaba para las cuales se utilizó tres formulaciones: al 20% 25% 30% de quinua y 20% 15% 10% de guayaba deshidratada y las comparó con galletas de harina de trigo, la galleta con el 25% de quinua y 15% de guayaba

deshidratada fue la de mayor aceptabilidad y además de la obtención de galletas con mayor valor nutricional en cuanto a la fibra con un valor de 1.28% se aprovechó otros compuestos de la guayaba con actividad biológica como la vitamina C. Finalmente, Galaviz, Cervantes, Martínez, Lima y Hernández realizaron la fortificación de pan con tomate (*Solanum lycopersicum*) deshidratado, cuyos resultados al comparar con un pan común develaron los siguientes resultados: el nivel de proteínas mejoró notablemente de 3.67 a 10.24 (gr/100gr), fibra de 12.04 a 13.85 (gr/100gr), mientras que el ácido ascórbico pasó de 72 a 77 (mg/100gr), y minerales como hierro, de 0.66 a 1.10 (mg/kg) y zinc de 0.67 a 3.22 (mg/kg).

En definitiva, la innovación del área alimenticia en los países está cambiando en vías de ofrecer un producto alimenticio, que a más de tener propiedades nutritivas tenga potencialidades funcionales.

## JUSTIFICACIÓN

El objetivo principal del Plan Nacional del Buen Vivir es mejorar la calidad de vida de los y las ecuatorianas, para esto es necesario partir de una adecuada alimentación.

En el Ecuador las mayores causas de mortalidad, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC 2012), se deben a enfermedades metabólicas, como la diabetes mellitus, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y cerebro vasculares, las cuales guardan una estrecha relación con la alimentación no adecuada, siendo necesario emprender la búsqueda y diseño de alimentos funcionales. (30)

El pan, siendo un producto de consumo masivo, tiene potencial para mejorar su calidad nutricional al agregar componentes que incrementen su valor, beneficiando al organismo, previniendo enfermedades asociadas con la mala alimentación. En este sentido se ha revisado vegetales que se producen en el país permanentemente y que tengan propiedades funcionales.

Dos vegetales que aportan calidad nutricional a cualquier alimento, y en este caso al pan, son el tomate y la espinaca, por el aporte de compuestos funcionales que pueden otorgar al alimento, para esta investigación se utilizó la cutícula de tomates rojos, que son desechados en la industria, por su contenido en fibra sino además por su alto contenido de licopeno, un poderoso antioxidante.

En Ecuador, la producción de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), ocupa el cuarto lugar en importancia por área sembrada dentro del cultivo de hortalizas con 3333 hectáreas, una producción total de 61426 toneladas métricas y un promedio de 18,4 t/ha (INEC, 2002). La mayoría de tomateras está ubicada en la provincia de Santa Elena y en los valles de Azuay, Imbabura y Carchi. Este vegetal es consumido en fresco, y procesado como jugos, salsa de tomate, y otros, la industria genera residuos que actualmente se usa como alimento para animales o simplemente se envía a rellenos sanitarios. Sin embargo, se está desechando una fuente de componentes funcionales importantes, tales como el licopeno y la fibra. (30)



Un estudio publicado en 2008 por BioactivNet indica que los residuos de la industria del tomate (*Solanum lycopersicum*) constituyen una excelente fuente de nutrientes, como carotenoides, proteínas, azúcares, ceras y aceites (75% de ácidos grasos insaturados). Los principales compuestos bioactivos extraíbles de los residuos del tomate (*Solanum lycopersicum*) son el licopeno, la fibra y el aceite de las semillas.

La cantidad de licopeno, carotenoide responsable del colorante rojo y poderoso antioxidante extraíble de los residuos, varía entre 80 y 150 mg/kg. La mayor concentración de licopeno se encuentra en la cáscara del tomate (*Solanum lycopersicum*) (54mg/100g), la que queda en los residuos. (1)

Además, tiene efectos antioxidantes y protege contra las enfermedades degenerativas, reduce los riesgos cardiovasculares y el cáncer de próstata. Actualmente, las investigaciones están apuntando a otros tipos de cáncer como los de mamas y tracto digestivo. (1)

Muchas de las enfermedades descritas actualmente en el hombre, como son el cáncer y las enfermedades cardíacas, se asocian a los procesos de oxidación celular mediados por los radicales libres. Las evidencias epidemiológicas ponen de manifiesto la importancia de los carotenoides y principalmente del licopeno, así como el consumo de tomate y productos a base de tomate, en la prevención de determinados tipos de cánceres, principalmente a nivel de tejidos epiteliales. (30)

Se han realizado varios estudios in vitro para determinar la actividad y su posible relación con la estructura del licopeno. Se han realizado estudios de la actividad antioxidante de distintos carotenos y xantofilas encontrando que el licopeno presenta una actividad antioxidante tres veces superior a la vitamina E. (30)

En cuanto a los estudios realizados in vivo se ha confirmado que licopeno y luteína, tienen capacidad antioxidante in vivo, al detectarse en el plasma humano la presencia de sus metabolitos. (30)

Otro modelo que permite valorar in vivo la actividad antioxidante del licopeno es la medida de la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). En un estudio in vivo con diecinueve individuos sanos sometidos a una dieta rica en licopeno a base de productos procesados de tomate, se ha observado que, tras una semana de ingesta de estos productos, se reduce significativamente la peroxidación de los lípidos plasmáticos y la oxidación de las LDL, hecho que puede tener relevancia para reducir el riesgo de enfermedades coronarias. (30)

Se ha observado un menor riesgo de cáncer de estómago, esófago, colon, próstata, pulmón, páncreas, mamas, piel, vesícula y cervix en aquellos casos en los que existe un mayor consumo de licopeno y unos niveles superiores a nivel plasmático. (30)

Además de actuar como un agente de prevención frente al cáncer, el licopeno también puede reducir el riesgo de aterogénesis, al interferir el daño oxidativo del ADN y de las lipoproteínas, como consecuencia de su actividad antioxidante. (30)

En relación a la fibra presente en la cutícula del tomate, la cantidad que se pueden extraer corresponden al 75%. (11)

La fibra tiene varios usos: por ejemplo, como suplemento alimenticio, en los “fitness snacks” y en otros alimentos funcionales; también como modificador de la viscosidad en sopas y salsas. (1)

Otro vegetal cuyas propiedades funcionales destaca, es la espinaca (*Spinacia oleracea*) que ha sido muy nombrada y calificada como uno de los alimentos más nutritivos dentro de una dieta sana y equilibrada para una buena salud. La Espinaca por lo general se cultiva en zonas frías en la Sierra del Ecuador, sus principales vitaminas A y C son las que están más presentes en esta verdura. No sólo son nutritivas y deliciosas, sino que también contribuyen a mejorar la salud porque ayudan a mejorar la digestión y alivian el estreñimiento gracias a la fibra. Además, disminuyen la presión arterial. (42)

La espinaca (*Spinacia oleracea*) también es rica en vitamina K. Este alimento también tiene una alta cantidad de vitamina B9. La espinaca (*Spinacia oleracea*) se encuentran entre los alimentos bajos en calorías ya que 100 g. de este alimento contienen tan solo 20,74 kcal. Entre las propiedades nutricionales de las espinacas cabe destacar que tiene los siguientes nutrientes: hierro, proteínas, calcio, fibra, potasio, de yodo, zinc, de magnesio, sodio, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, vitamina B5, vitamina B6, 6vitamina B7, vitamina E, fósforo, y purinas. La espinaca (*Spinacia oleracea*) previene enfermedades en los ojos, fortalece el sistema inmunitario y tiene propiedades anticancerosas. También por su alto contenido de vitamina A, esta verdura también favorece el buen estado de la piel y de las mucosas. (2) (42)

El ácido fólico o vitamina B9 de las espinacas, hace de este un alimento muy recomendable para su consumo en etapas de embarazo o de lactancia. Esta verdura también puede ayudar a combatir los efectos perjudiciales de ciertos medicamentos y puede ayudar a personas alcohólicas o fumadores, pues estos hábitos, ocasionan una mala absorción del ácido fólico. (2) (42)

La investigación tiene por objetivo aprovechar las propiedades funcionales de la cutícula del tomate (*Solanum lycopersicum*) y de la espinaca (*Spinacia oleracea*) para fortalecer la calidad del alimento, aportando principalmente fibra y licopeno, cabe recalcar que el pan al ser un producto básico de la canasta familiar constituye un alimento de consumo masivo, por lo cual resulta adecuado intervenir en la modificación de su elaboración para mejorar su calidad nutritiva y funcional sin dejar de lado su calidad organoléptica.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Elaborar pan enriquecido con cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*) y espinaca (*Spinacia oleracea*), como un alimento funcional para mejorar la calidad de la alimentación de la población.

### **ESPECÍFICOS**

- ✓ Presentar una alternativa de uso como materia prima de los residuos del tomate (cutícula) (*Solanum lycopersicum*), para su empleo en la elaboración de pan enriquecido en fibra como alimento funcional.
- ✓ Elaborar pan mediante tres formulaciones diferentes de espinaca (*Spinacia oleracea*) y cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*) en proporciones del 7%, y 3%; 5% y 5%, 3% y 7%, respectivamente.
- ✓ Evaluar la calidad sensorial del pan mediante una escala hedónica para la determinación de la formulación con mayor aceptabilidad.
- ✓ Evaluar la calidad nutricional, funcional y microbiológica de las formulaciones para compararla con el pan testigo.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Pan

#### 1.1.1. *Definición y clasificación*

Según la norma NTE INEN 0093, se define al pan como el producto alimenticio que resulta de la cocción de la masa fermentada proveniente de la mezcla de harina de trigo y ciertos ingredientes básicos.

Hernández G. (2010) define al pan como un alimento resultado de la mezcla entre harina, comúnmente de trigo, agua y levadura que se cuece en un horno.

A continuación se presenta la clasificación del pan según la norma NTE INEN 0093:

**Pan común.** Es el pan de miga blanca u oscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados; sus componentes básicos en cuanto a la norma NTE INEN 0095 son:

- a) harina de trigo: blanca, semi-integral o integral,
- b) agua potable,
- c) levadura activa, fresca o seca,
- d) sal comestible,
- e) azúcar en cantidad suficiente para ayudar al desarrollo de la levadura,

- f) grasa comestible (animal o vegetal),
- g) aditivos autorizados

**Pan especial.** Es el pan que se obtiene añadiendo a la fórmula de pan común elementos enriquecedores, como huevos, leche, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados; sus componentes básicos en cuanto a la norma NTE INEN 0096 son:

- a) harina de trigo,
- b) agua potable,
- c) levadura activa, fresca o seca,
- d) sal comestible,
- e) leche,
- f) azúcar,
- g) grasa comestible (animal o vegetal), y
- h) aditivos autorizados.

**Pan semi-integral.** Es el pan común de miga oscura, elaborado con harina blanca de trigo, con adición de harina semi-integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.

**Pan integral.** Es el pan común de miga oscura elaborado a base de harina integral de trigo, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.

De acuerdo con su forma y tamaño estipulado en la norma NTE INEN 0094, el pan se clasificará y designará como:

**Panes.** Porciones de masa horneada, cubiertas de corteza, de forma diversa y de tamaño relativamente pequeño.

**Palanquetas.** Porciones de masa horneada sin molde, cubiertas de corteza, de forma alargada y tamaño relativamente grande.

**Moldes.** Porciones de masa horneada en molde, cubiertas de corteza, de forma alargada y rectangular y de tamaño relativamente grande.

Los moldes pueden presentarse cortados o no en rebanadas.

Estos tres tipos de pan pueden fabricarse en las siguientes clases: pan común, pan especial, pan semiintegral y pan integral.

### **1.1.2. *Elaboración industrial del pan***

La elaboración del pan consta de los siguientes pasos:

#### 1.1.2.1. Amasado

Consiste en revolver todas las materias primas necesarias para la elaboración del pan con el propósito de formar una masa que tenga las características de plasticidad y que retenga oxígeno, esto se hace mediante una máquina llamada amasadora que consta de un contenedor (artesa) móvil, la otra parte de la máquina consiste en unos brazos mecánicos que van mezclando los ingredientes, otras amasadoras tienen un brazo en forma de espiral. (36)

#### 1.1.2.2. División y pesado

Se realiza mediante una divisora hidráulica o a través de una divisora volumétrica continua, las cuales van cortando la masa en muchas piezas que tienen un peso común. (36)

#### 1.1.2.3. Boleado

Una vez dividida la masa, a cada pieza se le va dando la forma de una esfera mediante una boleadora que consiste en un cono incompleto giratorio. (36)

#### 1.1.2.4. Reposo

Cada bolita se deja en las cámaras de reposo para controlar el tiempo de permanencia y la temperatura más adecuada que permita leudar a la masa. (36)

#### 1.1.2.5. Formado

Se da el diseño que se desea, si se trata de un pan redondo se deja la pieza boleada tal como está o se recurre a la máquina que se encarga de formar un pan enrollado mediante el uso de unos rodillos que giran en sentido opuesto junto a una tela estática y otra en movimiento. (36)

#### 1.1.2.6. Fermentación

En esta fase ocurren cambios no solo en la apariencia sino también en el sabor que tendrá el pan una vez elaborado, las levaduras liberan etanol, dióxido de carbono y otros compuestos a partir de azúcares fermentables presentes en la masa cuyo volumen crecerá gracias al dióxido de carbono liberado. (36)

La fermentación transcurre desde que se mezclan los ingredientes hasta cuando inicia a hornearse la pieza formada, sin que la temperatura sobrepase de 50°C. (36)

Existen métodos de panificación en los cuales acontece una prefermentación antes de la elaboración de la masa, en otros la fermentación ocurre una vez formada la masa madre fruto de la mezcla de los ingredientes. (36)

Después sucede la fermentación que tiene lugar en la cámara de reposo una vez realizado el boleado de la masa, que ya se mencionó anteriormente. (36)

Cuando se da la forma o diseño a la bolita de masa y empieza la cocción fermenta por última vez, pero en esta instancia la fermentación es controlada porque se hacen en cámaras climatizadas controlando el tiempo, la temperatura y la humedad. (36)



#### 1.1.2.7. Corte

Antes de someter el pan a su cocción definitiva y después de la fermentación, se realizan pequeños cortes e incisuras en su superficie para que continúe horneándose normalmente. (36)

#### 1.1.2.8. Cocción

Se presentan transformaciones como la evaporación de una parte de agua y de etanol producido por las levaduras, el almidón se convierte en dextrinas y azúcares sencillos, las proteínas se coagulan, la corteza sufre la reacción de Maillard y con ello la formación de la melanoidina. (36)

El pan se cuece a una temperatura comprendida entre 220°C y 260°C pero su interior nunca sobrepasa los 100°C. Actualmente existen hornos continuos y hornos discontinuos, los primeros hornean un número ilimitado de piezas que se disponen en hileras. Los segundos realizan la cocción de un número determinado de piezas antes de ingresar otro grupo equivalente en número a los panes recién salidos del horno. (36)

Una vez que el pan se ha enfriado está listo para consumirlo, sin embargo puede existir procesos de corte y empaado antes de su comercialización. (36)

### **1.1.3. *Composición química del pan***

El pan está constituido químicamente de agua, hidratos de carbono, proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, los porcentajes de estos componentes varían de los ingredientes y la cantidad utilizada para su elaboración. En la Tabla 1 se observa la composición química de cuatro tipos de panes.

**TABLA 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DE 100 g. DE PAN**

Pan Comp.	Blanco	Integral	Centeno	Centeno Integral
Agua (g)	29-38	30-37	36	42
Proteínas (g)	7.3-9	08-Sep	6.7	7.3
Lípidos (g)	0.4-1.2	1.4-2.2	1	1.2
H. de carbono (g)	50-58	44-53	49	41
Fibra (g)	1.6-3.5	4.4-9	5.5	7.2
Energía (kcal)	244-278	230-267	232	204

FUENTE: TRATADO DE NUTRICIÓN DE ÁNGEL GIL, 2010.

### 1.1.3.1. Agua

El agua en la elaboración del pan se usa como disolvente de sustancias como la levadura, azúcar, sal; pero también, en dependencia de la cantidad, otorga la textura suave característica del pan desde el momento en que se elabora la masa, haciéndole manejable, moldeable y elástica. La calidad del agua para la fabricación del pan deberá ser potable. (51)

Las funciones del agua son muchas, como se dijo anteriormente el agua en el pan actúa como disolvente de todos los ingredientes, otorga elasticidad y plasticidad a la masa al hidratar el almidón y al pan cocido le da suavidad, frescura y sabor mediante la porosidad de la miga y la formación de la corteza sin olvidar que desempeña un papel protagónico en la formación y fermentación de la masa. Cuando se realiza pan el tipo de agua a utilizar no debe ser dura pero tampoco blanda sino más bien un rango medio entre estas dos, porque los minerales presentes en el agua van a contribuir al sabor del pan, a la nutrición de la levadura y al reforzamiento del gluten. (24)

### 1.1.3.2. Hidratos de Carbono

Los hidratos de carbono presentes en el pan proceden principalmente de la harina de trigo y en menor cantidad, de otros ingredientes como el azúcar.

La harina de trigo es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado, la harina es integral si el grano de trigo se ha triturado con sus tres componentes: endospermo, germen y salvado. (NTE INEN 0093) (NTE INEN 0616)

Muchas gramíneas y alimentos pueden convertirse en harina, pero para la elaboración de pan únicamente el trigo y el centeno aumentan el volumen de sus masas gracias a la retención de gases que provienen de la fermentación. (51)

En la Tabla 2, se observan los componentes de la harina, el almidón es el principal constituyente, el cual es un polisacárido que aporta energía y absorbe agua en un 40% de su peso, químicamente está constituido por amilosa, un polímero lineal cuya cadena está formada por moléculas de anhídrido – D – glucosa unidas por enlaces glicosídicos  $\alpha$  (1-4). (51)

La amilopectina también forma parte estructural del almidón, este polímero ramificado está constituido por cadenas lineales de anhídrido – D – glucosa unidas por enlaces glicosídicos  $\alpha$  (1-6). (51)

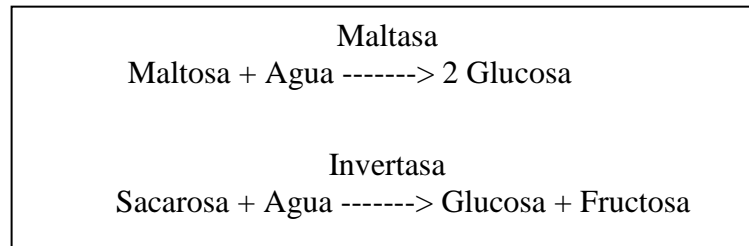
**TABLA 2 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA HARINA DE TRIGO**

Componente	Porcentaje
Almidón	60-72%
Humedad	14-16%
Proteínas	8-14%
Otros compuestos nitrogenados	1-2%
Azúcares	1-2%
Grasas	1.2-1.4%
Minerales	0.4-0.6%

FUENTE: UNIVERSIDAD DE CÓRDOVA, 2012.

Los azúcares presentes en el pan son sacarosa y maltosa, disacáridos que necesitan ser transformados a azúcares simples (Figura 1) para alimento de la levadura (y la consecuente fermentación), de esto se encargan la invertasa y la maltasa, enzimas presentes en la harina que provocarán el desdoblamiento a azúcares sencillos, principalmente glucosa y fructosa. La

dextrina es otro azúcar presente en la harina de trigo y por ende en el pan, que está en menor cantidad, del mismo modo que el azúcar (sacarosa) que se adiciona como parte de los ingredientes.



**FIGURA 1 CONVERSIÓN DE AZÚCARES COMPLEJOS A AZÚCARES SIMPLES. (UNIVERSIDAD DE CÓRDOVA, 2012.)**

#### 1.1.3.3. Proteínas

Otro componente del pan son las proteínas que están presentes en la harina de trigo, éstas se puede dividir en dos categorías:

- ✓ Proteínas no formadoras de masa: Son todas las proteínas solubles que no forman parte del gluten como la albúmina, globulina y ciertos péptidos.
- ✓ Proteínas formadoras de masa: Son proteínas insolubles que constituyen el gluten, sus nombres son glutenina y gliadina. El gluten incrementa el volumen de la masa porque sus dos proteínas al contacto con el agua forma una red para capturar gránulos de almidón que al enfriarse se coagula, de modo que la masa permanece leudada. (52)

Estas proteínas absorben agua alrededor del doble de su peso y son además las que confieren a la masa durante la etapa de amasado la elasticidad, el color pardo, la contextura pegajosa, la capacidad de retener gases que ocurren en la fermentación y otras cualidades físicas. (51)

#### 1.1.3.4. Grasas

Las grasas empleadas en panificación son de origen vegetal o de origen animal; puede prescindirse de la grasa como ingrediente aunque su uso mejora el sabor del pan. Otras propiedades que la grasa confiere tanto a la masa como al pan son:

- ✓ Mayor suavidad y crujido.
- ✓ Mayor extensibilidad.
- ✓ Aumenta el volumen del pan.
- ✓ Junto al gluten y el agua actúa como emulsificante. (51)

#### 1.1.3.5.Fibra

La fibra que procede del pan es mínima si se compara con la cantidad recomendada en la dieta, el pan integral que posee más fibra que el pan blanco se debe a la harina integral de trigo que contiene endospermo, salvado y germen. (NTE INEN 0094)

La fibra reúne a los compuestos que forman parte de las paredes celulares de los vegetales, exceptuando el almidón como son la celulosa, lignina, hemicelulosa y pectinas. (51)

Una persona adulta debe consumir una cantidad entre 25 y 35 gramos de fibra diariamente; tanto el déficit de fibra como su exceso en la dieta ocasionarán graves problemas. Si la fibra que se consume diariamente es muy poca entonces la persona probablemente sufrirá sobrepeso y con el tiempo enfermedades como la diabetes, aterosclerosis, hiperlipidemias, etc., mientras que si la ingesta de fibra es demasiado elevada el individuo se enfrentará a malestares estomacales como gases o posibles deficiencias de minerales debido al arrastre en exceso de ciertas sustancias. (51)

Según la FAO/OMS se debe consumir diariamente una cantidad de fibra igual a 25 gramos, mientras que la ingesta de fibra a nivel mundial es de 14 g/día hasta 29 g/día. (43)

#### 1.1.3.6. Vitaminas y Minerales

Las vitaminas más importantes presentes en el pan son las que contiene la harina de trigo, como la vitamina E y las del complejo B. La vitamina E participa en la funcionalidad de los músculos y en la fertilidad, en el pan actúa como un antioxidante y evita la aparición de hongos. Las vitaminas del complejo B son las que en mayor proporción se encuentran; están involucradas en el equilibrio neurofisiológico. (51)

Finalmente, los minerales, están presentes en cantidades muy pequeñas, principalmente potasio, sodio, calcio y magnesio. (51)

#### 1.1.3.7. Levadura

Las levaduras son microorganismos que se alimentan de azúcares de la harina. También produce gases que hace que el pan suba. En panadería se utilizan dos tipos de levaduras:

La levadura fresca, que se compra en las panaderías y tiene una duración corta.

La levadura seca activa que está disponible en los supermercados. Ésta es más fácil de trabajar y dura más tiempo. Por ello se recomienda en las recetas. (24)

Principalmente las levaduras en panificación tienen tres efectos:

- ✓ Transformación de la masa, pasando de ser un cuerpo poco activo a ser un cuerpo fermentativo, donde se desarrollan las reacciones químicas y fisicoquímicas más activas. Produciendo un aumento de energía que equivale a 27 calorías por molécula de azúcar.
- ✓ Desarrollo de parte del aroma mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de panificación y éteres.

- ✓ Quizás la acción más importante es la elevación de la masa, debido a la producción de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y alcohol etílico en forma de etanol.

El efecto de transformación de la masa y elevación de la misma, va unido a la hidratación del almidón, con lo cual no siempre se puede especificar el resultado final a un solo efecto. La acción de las levaduras se concreta principalmente con una reducción de pH, debida en parte, al CO<sub>2</sub> producido que se disuelve en el agua de la masa. (12)

#### 1.1.3.8.Sal

La sal se encuentra en forma natural como mineral de una roca llamada halita, en el mar, en manantiales o puede obtenerse a partir de una gramínea (makgadikgadi). En la elaboración del pan a más de servir para dar sabor interviene en la fermentación de la masa panaria regulando la actividad de la levadura, también retiene agua por sus propiedades higroscópicas e impide el crecimiento de bacterias productoras de ácido. (51)

#### **1.1.4. *Envejecimiento del pan***

Estudios en Alemania y Francia han demostrado que al calentar el pan que se ha tornado duro, durante un periodo corto a una temperatura de 80°C, recobra las características básicas de un pan fresco, sin embargo este procedimiento funcionará unas pocas veces ya que posteriormente la pieza sufrirá ataque de mohos. También existen evidencias de una escasa relación entre la pérdida de humedad y el envejecimiento del pan, por ejemplo al introducir el pan en una cámara hermética para evitar la pérdida de agua, luego de algunos días se observará que el alimento ha perdido su suavidad, pese al alto contenido de agua que se ha reportado. (12)

El envejecimiento del pan guarda relación con la pérdida de agua, pero no es la única causa de este cambio indeseable. (12)

Un pan sufre envejecimiento cuando la miga se vuelve seca y se desmorona, pierde el sabor haciéndose insípido; estos cambios acontecen porque la fermentación deja de ser la misma de un pan fresco; si esto no fuese así la humedad de la miga y suavidad del pan se prolongaría. (12)

Características de un pan envejecido

✓ Corteza envejecida

La corteza es higroscópica y parte del agua del interior se evapora hacia el ambiente, produciendo una corteza algo dura, para lo cual debe haber una adecuada ventilación en el almacén, pero sin llegar a tener corrientes porque se obtendrá un pan descascarillado. (12)

Se sabe que si la humedad relativa supera el 75%, algo de humedad es absorbida por el pan y se obtendrá una corteza blanda y húmeda, produciéndose pan correoso. (12)

✓ Miga envejecida

Aquí aparece el endurecimiento, desmoronamiento y con un análisis químico se verá que el valor nutritivo ha descendido.

El efecto de envejecimiento de la miga, tiene relación con la alteración que sufren las moléculas de almidón y en la liberación de agua por parte de la proteína, llegando en el horno a darse la cristalización del almidón. (12)

Un pan reciente es definido también cuando el almidón se hincha fuertemente, llegando incluso a un 50% de absorción de agua, porque al cocer el pan no hay agua suficiente para que se gelifique completamente el almidón, pero sí parte, ocasionándose una gelificación de primer grado. (12)



## Pan envejecido

Cuando el pan ha envejecido pierde sabor y aroma, llegando a ser insípido y da una sensación de sequedad al contacto con el mismo. La miga tiende a desmoronarse y se aprecia una dureza elevada al tacto, perdiendo suavidad y flexibilidad. Si el pan tiene varios días, hay una clara pérdida de humedad. La corteza pierde ese estado crujiente y el color brillante para ser descolorida. Generalmente, en el terreno físico – químico se observa una disminución del poder de hinchazón del agua, de la cantidad de almidón soluble y de la facilidad de ataque de almidón por parte de las amilasas. (12)

## Causas del envejecimiento del pan

Las causas de un pan envejecido van relacionados a un mal proceso de panificación como una fermentación irregular, tanto en tiempo y temperatura como pH de la masa; una relación de la humedad del ambiente y del pan bien diferenciada, por la utilización de materias primas incorrectas como una harina con pocas proteínas (menor al 8%) o por harinas con una gran actividad enzimática, de este modo ocurre que muchas enzimas amilasas producirán muchas dextrinas y estas gracias a su rápida capacidad de retención y absorción de agua, producirán una tendencia a la separación entre la miga y la corteza; por la coagulación de la textura del almidón, con motivo de la formación de zonas cristalinas que limitan el movimiento de las moléculas; la elasticidad del gluten que se va perdiendo al ser cada vez más seco y vítreo; por la migración de parte del agua de la miga hacia la corteza. (12)

El almidón gelatinizado no se encuentra en equilibrio termodinámico. Por tanto, con el tiempo (envejecimiento) se produce una progresiva reasociación de las moléculas de almidón, de modo que al recrystalizarse el almidón se libera del agua y el pan se vuelve duro, esta transformación se llama retrogradación del almidón. (23)

## 1.2. Alimentos funcionales

En la década de 1980, en Japón las autoridades sanitarias procurando reducir los gastos generados por enfermedades acontecidas en la población mayor, ejecutaron medidas que garanticen un estilo de vida más saludable con intenciones de prevenir patologías que en la población adulta se manifestaba debido a la alimentación inadecuada. Entonces se agrupó en una categoría especial ciertos alimentos que favorecían una alimentación que a largo plazo eviten ciertas enfermedades, a los cuales se los designó como alimentos funcionales. (29)

El Instituto Internacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI - Europe) define:

“Un alimento puede considerarse funcional si ha demostrado satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa a una o más funciones del organismo, más allá de sus efectos nutricionales, de manera que es relevante tanto para mejorar el estado de salud y bienestar como para reducir alguno de los factores de riesgo de enfermedades”. (5)

Otra definición de alimentos funcionales enmarca a los alimentos sujetos a estudios científicos comprobados que independientemente de los beneficios nutricionales que aportan, ayudan al desempeño del organismo mejorando la salud física y mental y a su vez son preventivos de enfermedades relacionadas con factores de riesgo. (6)

Se puede decir entonces, que alimentos funcionales son todos aquellos que se ingieren como parte de una dieta normal que a más de contribuir con el desarrollo nutricional del individuo, gracias a la presencia de componentes bioactivos, curan e impiden que determinadas enfermedades se manifiesten con el paso de los años debido a múltiples factores de riesgo. Como alimentos funcionales constan los que contienen minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra, antioxidantes, metabolitos secundarios con propiedades medicinales y probióticos. (29)

A continuación se enlista una serie de alimentos considerados como funcionales:

- ✓ Leches enriquecidas: con ácidos grasos omega-3; ácido oleico; ácido fólico; calcio; vitaminas A y D; fósforo y cinc.
- ✓ Leches infantiles de iniciación y de continuación: con ácidos grasos, vitaminas y minerales.
- ✓ Yogures enriquecidos: con calcio y vitaminas A y D.
- ✓ Leches fermentadas: con ácidos grasos omega-3; ácido oleico; bacterias probióticas específicas.
- ✓ Zumos enriquecidos: con vitaminas y minerales.
- ✓ Cereales fortificados: con fibra y minerales (hierro).
- ✓ Pan enriquecido: con ácido fólico.
- ✓ Huevos enriquecidos: con ácidos grasos omega-3.
- ✓ Margarinas enriquecidas: con fitosteroles.
- ✓ Sal yodada: con yodo.
- ✓ Aguas minerales naturales.
- ✓ Complementos alimenticios. A los que se añade tanto vitaminas como minerales u otras sustancias enriquecedoras. (3)

### **1.2.1. Fibra dietética**

Hasta hoy en día resulta complejo presentar un concepto que abarque a todos los constituyentes heterogéneos de alimentos de origen vegetal que hacen referencia al concepto de fibra. (5)

Actualmente se acepta como fibra dietética (Fd) al material complejo de procedencia vegetal resistente a la digestión enzimática del tracto gastrointestinal humano. La fibra dietética comprende un grupo de sustancias químicamente elucidadas cuyas propiedades físicas y químicas propias ejercen efectos fisiológicos peculiares. (5)

La fibra dietética está formada mayoritariamente por: celulosa, hemicelulosa, pectinas, lignina, carragenatos, alginatos y gomas. Otros constitutivos asociados a la fibra dietética en cantidades pequeñas son las proteínas de la pared celular, los polifenoles, las cutinas, el ácido fítico, algunos ésteres del ácido acético y el almidón resistente que pueden cumplir un papel fisiológico notable. (5)

Los polifenoles pueden incluirse como un elemento más de la fibra dietética ya que gozan de propiedades similares a las demás moléculas que forman parte de esta. (5)

La fibra dietética ejerce su influencia a lo largo de todo el tracto gastrointestinal, desde la ingestión hasta la excreción. Existen patologías que pueden beneficiarse de una dieta rica en fibra como la caries, la diverticulosis, el síndrome de colon irritable, las hemorroides, la litiasis biliar, la hipercolesterolemia, la diabetes mellitus, la obesidad, el cáncer de colon y el estreñimiento, esta última se puede asociar como un síntoma de cualquiera de las enfermedades del tracto digestivo mencionadas con anterioridad. (5)

Las enfermedades a causa de la mala alimentación con una dieta pobre en fibra, esto es deficiente de frutas y hortalizas principalmente, desencadenan problemas de estreñimiento y con ello se estalla una serie de patologías metabólicas, principalmente de la parte baja del tracto digestivo. (5)

Para tratar el estreñimiento la terapia se encauza a una modificación de los hábitos alimenticios, consumiendo raciones ricas en fibra y aminorando comida ávida de carbohidratos y grasas, de este modo el tiempo de tránsito intestinal se acorta mientras que se acrecienta la frecuencia de la evacuación al aumentar el peso y volumen de las heces ya que la fibra retiene más cantidad de agua y por otra parte los microorganismos del colon producen gas en las heces, pero estos aspectos provechosos también están en dependencia del tipo de fibra que forma parte de la dieta. (5)

Los beneficios del consumo de fibra no únicamente apuntan a mejorar problemas asociados al estreñimiento, como se dijo antes si consideramos la solubilidad se puede distinguir aspectos positivos para una u otra enfermedad metabólica. Por ejemplo, la fibra dietética soluble que incluye almidón resistente, pectinas, gomas, mucílagos, algunas hemicelulosas y polisacáridos no amiláceos permiten regular problemas del tracto digestivo y de enfermedades metabólicas como la reducción del colesterol, estabilización de la glucemia, es por ello aconsejable su consumo. Entre los alimentos ricos en fibra dietética soluble están presentes en las frutas y hortalizas; aceleran el tránsito intestinal y se fermentan en el colón y se forman ácido grasos simples que sirven de alimento para el colonocito. (5)

La cantidad de fibra que se debe consumir depende de la edad de la persona, en la tabla N°4 se detallan los siguientes valores:

**TABLA 3 RECOMENDACIONES DEL CONSUMO DE FIBRA SEGÚN LA EFSA (AUTORIDAD EUROPEA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA)**

Población	g/día
Niños entre 1 y 3 años	10
Niños entre 4 y 6 años	14
Niños entre 7 y 10 años	16
Niños entre 11 y 14 años	19
Niños entre 15 y 17 años	21
Adultos	25

FUENTE: ALIMENTOS FUNCIONALES Y REGULARIDAD INTESTINAL. EL PAPEL DE LA FIBRA DE MARÍA LÓPEZ DÍAZ, 2011.

Los alimentos correspondientes a la fibra dietética insoluble encierran celulosa, hemicelulosa, lignina y otros polifenoles que gracias a la capacidad de retener agua acorta el tiempo del tránsito intestinal y aumenta el volumen de las heces, la fibra dietética insoluble se puede ingerir a través de hortalizas, leguminosas y cereales. (5)

## **1.2.2. Ingredientes y sus componentes funcionales**

### 1.2.2.1. Cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*)



**FOTOGRAFÍA 1 CUTÍCULA DE TOMATE DESHIDRATADA Y MOLIDA**

La parte externa de las frutas y verduras tiene entre tres y diez veces más vitaminas, micronutrientes y antioxidantes que la pulpa. Se considera residuo industrial a la piel y las pepitas de los tomates, los cuales pueden ser valorizados dando lugar a diferentes productos con usos varios, de esta manera un subproducto que generaría problemas medioambientales se convertiría en un ingrediente funcional. (4) (35)

El consumo de tomate (*Solanum lycopersicum*) con pan, sal y aceite es una costumbre del pueblo catalán; la cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*), es un ingrediente no convencional que se agrega a la masa del pan en forma de polvo molido, para lo cual esta se emplea deshidratada; que además de aportar un gran contenido de fibra, otorga al pan un valor nutricional agregado, por la presencia del poderoso antioxidante llamado licopeno que previene ciertas patologías metabólicas. (38)

Muchas de las enfermedades descritas actualmente en el hombre, como el cáncer principalmente a nivel de tejidos epiteliales, las enfermedades cardíacas y otras de tipo crónico degenerativo, se asocian a procesos de oxidación celular. Ante la aparición de este tipo de enfermedades se han efectuado estudios para determinar la actividad del licopeno y su relación estructural, detallando las cualidades de este pigmento están las siguientes:

Además de ser el carotenoide más común del cuerpo humano es uno de los más antioxidantes por lo que protege contra enfermedades degenerativas, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de cáncer (principalmente de próstata), también tiene un efecto inmunestimulante y realza la salud de la piel protegiéndola de los daños provocados por los rayos ultravioletas. (11) (41)

Los estudios actuales están en la línea de investigar otras ventajas potenciales del licopeno en la lucha contra el cáncer del tracto digestivo, de pecho y de próstata. (11)

El licopeno que se ingiere con la dieta es absorbido en el intestino mediante difusión pasiva, una vez presente en la sangre se une a los quilomicrones, lipoproteínas LDL y VLDL, luego se dirige al sistema linfático y finalmente es conducido hacia el hígado y otros órganos. (53)

El licopeno actúa como un antioxidante, puede atrapar radicales libres y reducir el estrés oxidativo de componentes celulares, como lípidos, proteínas y ADN, ya que la oxidación de estos, está implicado en el desarrollo de enfermedades metabólicas y degenerativas crónicas como el cáncer, la osteoporosis y otras de tipo cardiovascular. Los radicales libres llamados también Especies Reactivas de Oxígeno (EROS) se producen internamente como resultado del proceso metabólico normal, pero también debido a otros factores como una dieta inadecuada, el humo del cigarrillo y el ejercicio. Los antioxidantes interactúan con los radicales libres o EROS secuestrándolos, es decir, impidiendo que puedan causar oxidación a los diferentes constituyentes de las células y por ende previniendo de las enfermedades crónicas. (53)

Se han realizado múltiples investigaciones para averiguar el posible efecto del licopeno como anticancerígeno en cultivos celulares humanos y tejidos animales de órganos como el endometrio, pulmones, páncreas y tejidos del tracto gastrointestinal, cuyos resultados han

revelado inhibición del crecimiento de células cancerosas. Fisiológicamente se ha encontrado que la ingesta de licopeno retarda y reduce el crecimiento y desarrollo de tumores mamarios, gracias a la disminución de la actividad de la enzima timidilato sintetasa de la glándula mamaria, que participa en la síntesis de ADN; además hubo disminución de ácidos grasos libres de la sangre y de la hormona prolactina, la cual esta involucrada con el cáncer de pecho. (53)

Otros estudios de tipo epidemiológico revelan que los hombres que consumen gran cantidad de tomate o cualquiera de sus derivados, reducen la probabilidad de desarrollar cáncer de próstata (53)

En cuanto a las enfermedades cardiovasculares el licopeno a demostrado tener efecto hipocolesterolémico gracias a la inhibición de la HMG CoA reductasa, enzima responsable de la síntesis de colesterol, además de ser responsable del adelgazamiento de las paredes de vasos sanguíneos y de la prevención de infarto al miocardio en personas con concentraciones altas de licopeno en suero y tejido adiposo. (53)

Los osteoblastos son células óseas que permiten el desarrollo de nuevo tejido óseo y con ello son los responsables del mantenimiento y reparación del hueso; sin embargo, estas células pueden inducir la producción de radicales libres endógenos que van a ocasionar decremento de actividad de la fosfatasa alcalina causando muerte celular, entonces el licopeno efectúa su actividad antioxidante para controlar la proliferación de osteoblastos, por lo que se aconseja el uso de este compuesto para reducir el riesgo de padecer osteoporosis. (53)

Los radicales libres también están relacionados con la infertilidad masculina, ya que la presencia de estos en semen puede desencadenar esterilidad y por lo tanto el uso de antioxidantes como el licopeno favorecería a prevenir este trastorno, sin embargo se requieren de más investigaciones. (53)

También se han hecho estudios comparativos con resultados positivos para evaluar la capacidad del licopeno para provocar un descenso de la presión sistólica. (53)



El estrés oxidativo no solo es responsable de enfermedades involucradas con el metabolismo sino que además se maneja la hipótesis de ser un importante factor causal de ciertas patologías neurodegenerativas, como el Parkinson y la demencia ya que además de encontrarse radicales libres en las células nerviosas, también existe una disminución de la concentración de licopeno en personas que padecen dichos males. (53)

Los trabajos de investigación en su mayoría demuestran que el licopeno actúa como un antioxidante importantísimo en la prevención de enfermedades crónicas degenerativas relacionadas con el metabolismo, pero hace falta de más estudios que afiancen todo lo descrito referente a este metabolito secundario. (53)

La importancia de la cutícula del tomate a más del licopeno radica en la fibra que ofrecen varias cualidades nutricionales y nutraceuticas como los efectos positivos que otorga al facilitar la masticación de los alimentos, resta aporte calórico a los alimentos, provocan saciedad, disminuye la glucemia, reduce el colesterol sanguíneo, ayuda a la eliminación de sustancias tóxicas, puede actuar como laxante, aumenta el tiempo de tránsito intestinal en otros. (11)

En cuanto a la composición de la cutícula de tomate, además del licopeno y la gran cantidad de fibra, destaca el contenido de vitamina C, que contiene 3 veces el contenido que existe en la pulpa y 10 veces la cantidad que poseen las semillas. (8)

#### 1.2.2.2. Producción de tomate en Ecuador

Según el último censo agropecuario que data del año 2000, el Ecuador produce 61.426 toneladas anuales de tomate. El tomate es uno de los productos que más se comercializa en los mercados ecuatorianos. En el país se calcula que existen entre 2.000 hectáreas (has.) y 4.000 hectáreas de tomates sembradas al aire libre. Dentro del país se calcula que existen cerca de 2.000 hectáreas de tomates sembradas bajo invernadero. (17)

El consumo de tomate va en aumento en el país y en vista de la gran demanda, su producción se intensifica. A nivel mundial existen 44 variedades, pero en el Ecuador solo se cultiva las variedades fortuna, sheila, charleston, titán, pietro, fortaleza, cherry, chonto y hazera; destacando el tomate fortuna, ideal para invernaderos y por permanecer hasta 15 días sin daño alguno, mientras que el tomate charleston con su sabor dulce y agradable tiene un tiempo de madurez demasiado rápido. (16) (17) (37)

El hecho de que el tomate pueda crecer en invernadero y al aire libre permite que sea cultivado durante todo el año, sobre todo por la alta demanda ya que es el alimento infaltable de todas las comidas en la mesa de los ecuatorianos, consumido en fresco o procesado, éste último deja gran cantidad de cutícula disponible. (16)

En Riobamba, provincia del Chimborazo la empresa Agroverde es una de las más importantes del país, tiene más de 15 años produciendo tomate. Al principio, su cultivo era al aire libre, pero de a poco, con la demanda se fue tecnificando. En el 2012 se contaba con 4 hectáreas bajo esta modalidad, en Riobamba existirían entre 300 y 350 hectáreas, mientras que a escala nacional entre 1.500 hectáreas y 2.000 hectáreas, siendo los valles cálidos y casi todas las regiones del país, excepto el Oriente, aptas para su cosecha. (16)

La producción de tomate ha ido en aumento en el centro del país, en provincias como Chimborazo, Bolívar y Tungurahua, en las que el cultivo de tomate bajo invernadero es de gran importancia, especialmente en varias zonas de la última en donde se encuentra el 60% de la producción. (16) (49)

#### 1.2.2.3. Espinaca (*Spinacia oleracea*)

En la tabla N°3 se detalla los principales constituyentes de la espinaca (*Spinacia oleracea*), está compuesta mayormente por agua. La cantidad de grasas e hidratos de carbono son muy bajos, pero es uno de los vegetales que más proteínas contiene. Rica en nutrientes, se usa para tratar y prevenir la ocurrencia de distintos tipos de cáncer (tumores), incluyendo los de la vejiga, próstata, hígado y pulmones. (7) (14) (54)

Es un alimento especial para curar la anemia y la arterioesclerosis. Posee suficientes vitaminas, ácido fólico y magnesio para reducir la incidencia de enfermedades cardíacas. Se cree que sus componentes tienen una función inmunizadora y se piensa que ayuda a prevenir la osteoporosis en las mujeres postmenopáusicas. (7)

La espinaca (*Spinacia oleracea*) posee compuestos que cumplen múltiples funciones como la reducción del riesgo de padecer degradación macular que conlleva a una disminución de la visibilidad gracias a que la espinaca contiene luteína y zeaxantina, dos carotenoides implicados en la prevención de esta degeneración. (39)

También contiene vitamina C que ayuda a la asimilación del hierro que se encuentra en esta verdura en una cantidad igual a 2.71 mg. por cada 100 g., proporción mayor a la de la carne y es por ello que el zumo de espinaca se recomienda en la anemia ferropénica. (39)

Mediante estudios en animales de experimentación se ha constatado la efectividad de las proteínas presentes en la espinaca en casos de hipercolesterolemia al dificultar la absorción de colesterol y ácidos biliares. (39)

Es recomendable su consumo para madres embarazadas porque contiene ácido fólico, imprescindible para imposibilitar malformaciones genéticas en el feto. También se aconseja a deportistas y adolescentes en fase de crecimiento. (39)

La espinaca (*Spinacia oleracea*) es una verdura, que aporta apenas 22 calorías por 100 gramos y además tiene una composición nutricional muy privilegiada, su contenido de proteínas es 2.86%, mientras que carbohidratos y grasas apenas se encuentran un 0.8% y 0.35%, respectivamente y dado la cantidad de fibra que es de 2.7%, la convierte en un vegetal ideal para dietas saludables. (39)

La calidad nutricional de la espinaca (*Spinacia oleracea*) también reside en la riqueza mineral y vitamínica que brinda por cada 100 gramos, por eso se aconseja a deportistas y adolescentes en fase de crecimiento. Entre los minerales y vitaminas más importantes están:

- ✓ Aporta 672 ug de los 1000 ug. diarios de vitamina A que requiere el organismo.
- ✓ Con 200 ug. excede las necesidades de ácido fólico diarias de 194 ug.
- ✓ Contribuye con 28.1 mg. de vitamina C de los 60 mg diarios, requeridos.
- ✓ De los 350 mg. de magnesio que se necesita aporta 79 mg. diarios.
- ✓ Y 2.71 mg. de hierro de los 10 mg. que se precisa, provienen de la espinaca. (39)

**TABLA 4 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR ENERGÉTICO DE 100 g. DE ESPINACA**

Componente	Valor
Proteínas	2.86
Lípidos	0.350
H. de Carbono	0.800
Fibra	2.70
Energía	22 kcal (94 kJ)

FUENTE: EL PODER MEDICINAL DE LOS ALIMENTOS DE JORGE PAMPLONA ROGER, 2004.

La espinaca (*Spinacia oleracea*) puede consumirse fresca en un producto elaborado, por ejemplo en la realización de croquetas, la cual se emplea cocida y picada, agregándose a la hora de realizar una masa con harina y aceite. Para la utilización como ingrediente funcional del pan, la espinaca (*Spinacia oleracea*) se someterá a un proceso de deshidratación y una vez seca y molida se incorporará en el momento de formación de la masa, como un ingrediente más del pan enriquecido. (14)

Los ingredientes funcionales serán incorporados al pan previo a una proceso de deshidratación que es una técnica realizada para conservar los alimentos, que consiste en la reducción o eliminación del agua presente en el alimento; otra de las razones por las que un alimento se deshidrata es para convertirlos en materias primas y de este modo facilitar el mezclado de ciertos ingredientes cuando se elabora un producto. (25)

#### 1.2.2.4. Producción de espinaca en Ecuador



**FOTOGRAFÍA 2 ESPINACA DESHIDRATADA Y MOLIDA**

La espinaca por lo general se cultiva en zonas frías y templadas de la sierra ecuatoriana, donde es muy pronunciado su cultivo, entre los sitios más representativos tenemos: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Azuay, Cañar, Loja; como lo indica el cuadro N°5. (32)

Según un estudio de mercadeo, ocupa el catorceavo lugar de entre las 23 hortalizas más consumidas en Ecuador. (10)

**TABLA 5 ZONAS DE CULTIVO DE ESPINACA EN EL ECUADOR**

Cantón	Provincia
Ambato	Tungurahua
Cuenca	Azuay
Chordeleg	Cañar
Guayaquil	Guayas
Pallatanga	Chimborazo

FUENTE: MAGAP. CENSO MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA 2009.

### 1.3. Análisis de alimentos

#### 1.3.1. *Análisis proximal*

El análisis proximal abarca un conjunto de análisis que comprende la cuantificación en porcentajes de humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo, fibra (solo para vegetales) y carbohidratos; con el objetivo de evaluar el contenido nutricional acorde con las especificaciones o requerimientos que debe cumplir un alimento procesado o la materia prima que sirve para su manufactura o de otro producto destinado para dieta o un régimen alimenticio señalado. (22)

#### 1.3.1.1. Humedad

La humedad es un parámetro de calidad que se evalúa, ya sea para indagar el nivel adecuado de agua que debe poseer un alimento para que no afecte su calidad sensorial, física, nutritiva, microbiológica o todas estas; por ejemplo es necesario conocer la cantidad de agua de un alimento preparado ya que valores superiores al 8% y 14% favorecen a la contaminación por insectos y microorganismos (hongos y bacterias), respectivamente. El método más habitual para la determinación de este parámetro es la desecación en estufa de aire caliente, el cual consiste en pesar el alimento tal cual, y después de evaporar toda la humedad, pesarlo nuevamente y por diferencia de pesos obtener el resultado. (22)

Existen métodos alternativos como el método por destilación azeotrópica, pero este es específico para alimentos líquidos y que tienen gran contenido de agua o especias, otros en cambio simplemente aceleran el tiempo de deshidratación del alimento como la desecación en estufa de vacío y finalmente está el método de Karl Fischer en el que se emplea reactivos químicos. (50)

#### 1.3.1.2. Cenizas

Las cenizas de un alimento nos permiten evaluar el contenido de material inorgánica que queda en el alimento después de retirar toda la materia orgánica presente mediante calcinación e incineración. (50)

El hecho de cuantificar las cenizas en un alimento radica en que constituye un parámetro para evaluar la riqueza, en cuanto a minerales o la calidad de un producto, en el cual en ocasiones es desfavorable la presencia de una cantidad excedente de cenizas, para lo cual estos alimentos se rigen a límites establecidos, es el caso de la gelatina, cuyo exceso sería un inconveniente. (50)

El método emplea una placa calefactora o reverbero y la mufla, para realizar la calcinación y la incineración, respectivamente. (22)

### 1.3.1.3. Proteína

El método de Kjeldahl para determinación de proteína cuantifica el nitrógeno del alimento en su totalidad, para lo cual se efectúa una digestión con ácido sulfúrico y una posterior destilación en ácido bórico previa adición de hidróxido de sodio o potasio. (22)

Luego de la titulación del destilado, el resultado final revela la cantidad de nitrógeno orgánico e inorgánico, por lo que para saber únicamente el primero, ya que es perteneciente a los aminoácidos que conforman las proteínas, se deberá multiplicar por un factor. (50)

En un inicio la muestra al ser mezclada con sulfato de sodio para aumentar el punto de ebullición y sulfato de cobre como catalizador más el ácido sulfúrico concentrado ocurre deshidratación y carbonización de la materia orgánica a la vez que ocurre oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno que proviene del material proteico se transforma en amoníaco y se une con el sulfato para formar sulfato de amonio. (50)

En el momento de la destilación una vez más se libera el amoníaco para reaccionar con el ácido bórico para formar el borato de amonio que al ser titulado con ácido clorhídrico, los iones boratos reaccionan con el hidrógeno para formar ácido bórico, mientras que el radical amonio reaccionará con el ion cloruro para formar cloruro de amonio. (50)

Existen otros métodos para la cuantificación de proteína como el de Biuret, de Lowry y el método turbidimétrico. (50)

#### 1.3.1.4. Lípidos

Los métodos para la cuantificación de lípidos son variados pero los más empleados recaen en el equipo de Soxhlet y Goldfisch, los cuales se realizan mediante una extracción del contenido lipídico con solventes orgánicos, para su posterior cuantificación por diferencia de pesos entre el balón después de la extracción y antes de esta. Existen métodos que no requieren el uso de solventes como el de Babcock y otros, en los que se emplea técnicas instrumentales, mediante espectroscopia de absorción, por ejemplo. (50)

Al utilizar el equipo Soxhlet se ejecuta una extracción semicontinua en la que el disolvente debe subir por ebullición hasta condensarse poco a poco y substraer la grasa de la muestra, hasta que el solvente bañe completamente el cartucho para caer en el balón junto con la grasa y continuar su ciclo. (50)

Mediante el extractor de grasa Goldfisch el tiempo de extracción con Soxhlet se reduce a 4 horas mediante un sistema continuo de reflujo. El equipo consiste en un vaso que contiene el solvente que va a ascender en estado gaseoso, por acción del calor, hacia los condensadores para tornarse líquido otra vez y dirigirse al dedal que contiene la muestra e ir arrastrando a su paso el componente graso de la misma rumbo al vaso de precipitado que contenía únicamente el solvente en un principio. (50)

Para usar el extractor de grasa Goldfisch es recomendable que no se ocupe disolventes con puntos de ebullición mayores a 85°C. (33)

#### 1.3.1.5. Fibra

La fibra bruta o cruda es meramente un concepto de índole analítico ya que en la actualidad se aborda la fibra dietética como ente de estudio, la cual comprende la fibra soluble e insoluble;



por lo tanto se puede decir que la fibra bruta no es otra cosa que una parte de la fibra dietética y al revisar fuentes bibliográficas se puede comparar a la fibra insoluble con la fibra bruta; a continuación se trata más detenidamente sobre este asunto. (34)

Se llama fibra dietética a los componentes de origen vegetal que son resistentes a las enzimas digestivas del organismo humano e incluyen a aquellos polisacáridos que no son almidón. La fibra dietética incluye compuestos como celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina que forman parte estructural de las plantas, además existen otros compuesto no estructurales que se incluyen como fibra dietética, así tenemos las gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada. (22)

La fibra dietética se clasifica de acuerdo a la solubilidad en agua como fibra soluble y fibra insoluble; la primera comprende las pectinas, mucílagos, gomas, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y celulosa modificada, mientras que las celulosas, hemicelulosas y lignina se ubican dentro de la segunda denominación. (22)

En cuanto a las características, la fibra soluble tiene un tránsito lento por el intestino, al atrapar moléculas de agua hace que se forme una especie de gel que demora la digestión y la absorción de los nutrientes, haciendo que sea controlada y adecuada. (22)

Mientras que la fibra insoluble tiene un efecto laxante porque proporciona volumen a las heces y permite una evacuación más rápida, de modo que su tránsito por el intestino es rápido. Además, la fibra insoluble otorga una sensación de saciedad, regulando la cantidad de los alimentos que se ingiere.

El método permite determinar el contenido de fibra en un alimento de origen vegetal, después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, durante media hora a partir de que empieza a hervir la muestra, tanto para el ácido como para el álcali, posteriormente se filtrará al vacío la mezcla de modo que el peso del residuo que aún permanece después de la desecación e incineración será la cantidad de fibra insoluble presente en el alimento. (22)

#### 1.3.1.6. Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Dentro de este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos químicos señalados anteriormente como parte del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; este componente alimentario se obtiene mediante un cálculo que resulta de la resta entre 100 y los porcentajes calculados de cada nutriente. (22)

#### **1.3.2. Análisis complementario**

Una vez cuantificado la humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo, fibra (vegetales) y carbohidratos se tiene una idea generalizada de la calidad nutricional del alimento; sin embargo existen análisis que complementan la información de una manera más detallada o adicional y es necesario su estudio cuantitativo debido a que presentan uno o más constituyentes que le otorgan un valor agregado al producto. (21)

##### 1.3.2.1. Determinación de Licopeno

La determinación del licopeno se realizará mediante espectrofotometría UV-VISIBLE, a continuación se detalla brevemente el principio al que se acoge esta técnica y los conocimientos fundamentales que la rigen.

##### ✓ Espectrofotometría UV-VISIBLE

Es una técnica cualitativa y cuantitativa; ya que se puede identificar una sustancia en alguna muestra y también cuantificar la concentración exacta de la misma. (47)

La espectrofotometría se incluye dentro de la espectroscopía, ciencia que estudia los fenómenos de absorción y dispersión de la luz.

Cuando se calienta un metal o se ioniza un gas, sus partículas emiten luz, si esta luz se hace incidir en un espectroscopio, recogeremos un espectro atómico de líneas característico de los átomos que componen la sustancia.

Los espectros pueden ser de:

**Emisión:** Cuando los átomos pierden energía radiante, emiten una radiación electromagnética.

**Absorción:** Cuando captan energía radiante, aumenta su energía interna.

Esta energía que los átomos de una sustancia emiten o absorben constituye una radiación electromagnética.

Las radiaciones electromagnéticas tienen doble naturaleza: corpuscular y de onda; corpuscular porque la luz está constituida por pequeñas partículas llamadas fotones y de onda porque viajan en las tres direcciones del espacio con movimiento ondulatorio.

El conjunto de radiaciones electromagnéticas se llama espectro electromagnético y está constituido por diversas regiones caracterizadas por su longitud de onda y frecuencia; estas regiones ordenadas de mayor a menor energía son: los rayos gamma, rayos X, el ultravioleta (UV), el visible, el infrarrojo (IR), microondas, las ondas de TV y la radiodifusión.

#### ✓ Ley de Lambert y Beer

Esta ley rige la relación entre la concentración y la absorbancia de una sustancia en una muestra y puede enunciarse como:

La absorbancia de una sustancia es directamente proporcional a su concentración, cuanto más concentrada sea la muestra mayor será la absorbancia y menor la transmitancia.

Matemáticamente la ley se representa diciendo que la Absorbancia es igual a “abc”

$$A = abc$$

Donde:

A = Es la absorbancia de la muestra.

a = Es la absorbilidad, es una constante para cada sustancia.

b = Es el espesor de la cubeta, normalmente 1 cm.

C = Es la concentración de la sustancia problema en la muestra.

Al ser a y b dos constantes numéricas tendremos:

$$A = cte * c$$

De aquí que la absorbancia sea proporcional a la concentración y que para calcularla sea suficiente con aplicar la ecuación de Lambert – Beer. (47)

$$C = \frac{A}{a * b}$$

#### 1.3.2.2. Determinación de pH

El pH es un parámetro fisicoquímico que mide la capacidad que tienen las sustancias de ceder o captar hidrogeniones (cationes hidrógeno o protones: H<sup>+</sup>).

Las sustancias que ceden H<sup>+</sup> se llaman ácidos y las que captan H<sup>+</sup> son bases.

También es equivalente definir un ácido como una sustancia que acepta electrones y aquellas sustancias que ceden electrones como bases. (47)

### **1.3.3. Análisis microbiológico**

La elaboración de alimentos en la industria pequeña o grande deben reunir condiciones higiénico – sanitarias, por lo tanto es necesario un control para conocer la calidad microbiológica de la materia prima que se utiliza en la manufacturación, de las etapas intermedias y del producto terminado. (9) (40)

Un estudio microbiológico permite conocer las posibles fuentes de contaminación del producto elaborado, detectar probable flora patógena que puede representar un riesgo para el consumidor o predecir el tiempo de conservación del alimento. (40)

Los alimentos no son productos totalmente estériles, existen algunos que admiten un límite muy reducido de microorganismos y otros como los que poseen agentes probióticos en los que cuantificar un determinado tipo de microorganismos sería innecesario, sin embargo cuando algún alimento presenta una carga microbiana mayor a lo establecido en normas nacionales e internacionales, se enfrenta la posibilidad de existencia de microflora patógena por lo que es de vital importancia la realización de un examen microbiológico que comprenderá: el muestreo, selección de la técnica de análisis y la interpretación de los resultados conforme a las normativas vigentes. (40)

Se debe acotar que existen alimentos que en el mercado se expenden sin la necesidad de ciertos registros que avalizan la calidad del producto dado que no requieren de un control estricto por razón de su elaboración misma, que no admite la presencia de microorganismos, o por ser alimentos naturales: entre estos se encuentran huevos, pan, frutas, legumbres, carne, etc. (40)

#### **1.3.3.1. Mesófilos aerobios**

El recuento de microorganismos mesófilos aerobios es un indicador que revela la carga microbiana presente en un alimento pero sin especificar si la flora encontrada es patógena o

no, de modo que una carga baja o alta, no necesariamente serán indicativos de riesgo biológico para la salud. (40)

Este análisis microbiano alerta la calidad higiénico – sanitaria de la materia prima utilizada y la existencia de una manipulación inapropiada durante las diferentes etapas de elaboración del alimento. (40)

El uso de esta técnica se aplica en los siguientes casos:

- ✓ Cuando la materia prima está demasiado contaminada.
- ✓ Se sospecha la manipulación insalubre de la materia prima y del producto terminado.
- ✓ Averiguar posibles patógenos de la flora mesófila aerobia.
- ✓ Verificar el estado del alimento (que no haya descomposición). (40)

#### 1.3.3.2. Hongos (mohos y levaduras)

Los hongos tienen interés en la industria de alimentos por diferentes razones, por ejemplo para indagar la existencia de contaminación, producir alimentos fermentados y otros biotecnológicos. (40)

La importancia de un estudio micológico radica no sólo en el hecho de que el alimento presente contaminación por deterioro, sino que además la presencia de micotoxinas y la capacidad infectiva puede poner en peligro la salud de los individuos, ocurriendo infecciones, alergias o intoxicaciones. (40)

#### 1.3.3.3. Coliformes totales

Los microorganismos coliformes constituyen indicadores para averiguar la calidad higiénica de los alimentos en el proceso de su elaboración o al final cuando se tiene el producto terminado. El alimento puede contaminarse por varias razones como una manipulación insalubre o por fallo de alguna etapa de procesamiento, la cual debe garantizar su inocuidad.

Generalmente la presencia de coliformes significa contaminación de origen fecal y por lo tanto existe el peligro de enfermedad debido a la presencia de patógenos. (27)

#### **1.3.4. Análisis sensorial**

El análisis sensorial consiste en una evaluación de la calidad de los alimentos mediante la opinión del consumidor para mejorar, si fuese el caso, la aceptación de un producto. (32)

Sin embargo, el análisis sensorial no solamente es útil para mejorar la calidad de un alimento sino que además constituye un medio para la investigación de alimentos innovadores y asegurar la calidad de los mismos para promover su venta. (44)

El Instituto de Alimentos de Estados Unidos (IFT), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”.

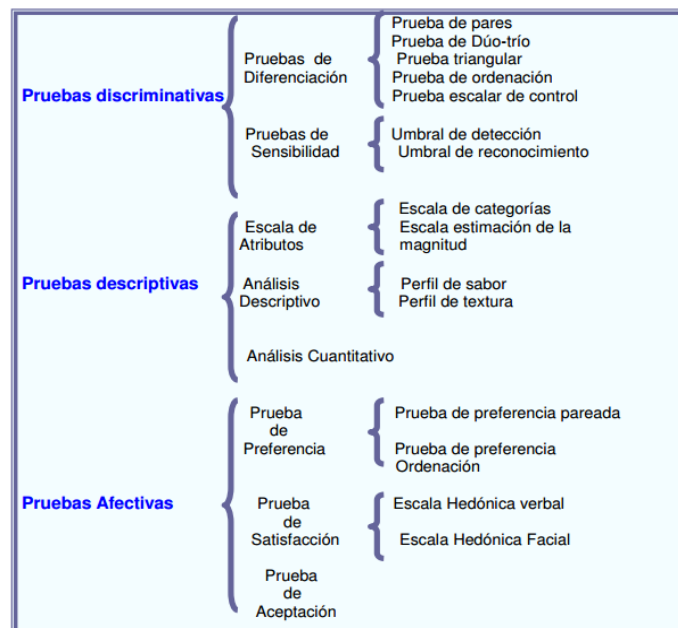
Un concepto más sencillo del análisis sensorial puede abordar el criterio para aceptar o rechazar un alimento por parte del consumidor, considerando sus sensaciones desde que observa hasta que degusta el producto. (44)

En la industria de alimentos el análisis sensorial es importante por las razones siguientes:

- ✓ Controlar el proceso de producción para garantizar la homogeneidad sensorial del producto que puede verse afectada por la formulación, por alguna variable de operación o por la maquinaria. (44)
  
- ✓ Controlar la calidad de las materias primas empleadas en la elaboración del alimento procesado, considerando cada etapa en la que se adiciona un nuevo ingrediente. (33)

- ✓ Evaluar y garantizar la vida útil del producto evitando que las características organolépticas de este no cambien, especialmente cuando la comercialización se realiza con zonas geográficas distantes. (44)
- ✓ Asegurar el almacenamiento del producto a través de los cambios sensoriales que puede ocurrirle por factores que impiden su conservación como la temperatura, la ventilación, tiempo de elaboración, tiempo y modo de apilamiento. (44)
- ✓ Conocer la aceptabilidad de un nuevo producto en el mercado, mejorar la calidad de un alimento ya evaluado con anterioridad o competir con las industrias de alimentos que comercializan un producto alimenticio en común. (44)

Para realizar el análisis sensorial se puede valer de una variada gama de pruebas (Figura 2) que evalúan parámetros del alimento relacionados con las sensaciones que causa al consumidor y que dependen de la razones o de los objetivos que se persiguen con el alimento. El siguiente cuadro sinóptico presenta la clasificación de las diferentes pruebas que pueden desarrollarse:



**FIGURA 2 CLASIFICACIÓN DE PRUEBAS SENSORIALES APLICADAS POR LA CIENCIA ALIMENTARIA, LÓPEZ 1993.**



#### 1.3.4.1. Pruebas de satisfacción

##### Evaluación hedónica

Se aplica cuando se han de hacer comparaciones con más de 7 muestras (de dos en dos o de tres en tres), pero en ningún caso deben excederse las 20 para evitar la fatiga de los catadores, que pueden ser seleccionados ( $n > 36$ ) o totalmente neófitos ( $n$  entre 60 y 100) en el análisis sensorial. (48)

En estas pruebas las muestras se presentan individualizadas, en diferente orden para cada individuo y se pide al catador que las califique sobre una escala de intervalo no estructurado o de acuerdo a una gradación. (48)

Es recomendable que entre la presentación de una u otra muestra se deje un intervalo de 1 a 3 minutos para minimizar la adaptación, enjuagándose la boca, bebiendo agua o comiendo un pedazo de pan o de manzana, si es necesario y que para cada muestra se disponga de una ficha nueva que evite los prejuicios respecto a las muestras anteriores. (48)

La evaluación hedónica puede ser verbal o gráfica (facial), la primera consiste en realizar la degustación a los panelistas y posteriormente den un informe sobre el grado de satisfacción en una escala que indique la apreciación gustativa, desde “me gusta muchísimo”, hasta “no me gusta nada”, por ejemplo; pero siempre se deberá considerar la elaboración de un número de respuestas impar, de modo que exista una opción “no me gusta ni me disgusta”. (44)

Un modelo a seguir sería el siguiente:

- ✓ Extremadamente agradable
- ✓ Muy agradable
- ✓ Agradable
- ✓ Ligeramente agradable
- ✓ Ni agradable ni desagradable

- ✓ Ligeramente desagradable
- ✓ Desagradable
- ✓ Muy desagradable
- ✓ Extremadamente desagradable (48)

La evaluación hedónica facial (Figura 3) se emplea, en el caso de que el texto de la escala se preste a confusiones como puede ocurrir en grupos poblacionales infantiles o adultos que no saben leer, por ejemplo; para lo cual unas caritas gráficas con varias expresiones sustituirán a la escala construida con palabras. (44)

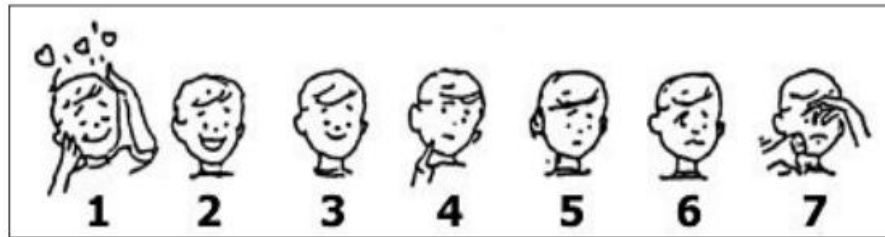


FIGURA 3 MODELO DE EVALUACIÓN HEDÓNICA FACIAL. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2010.

## 1.4. Análisis estadístico

### 1.4.1. Análisis de varianza

Consideramos  $m$  muestras, cada una de tamaño  $n$ . Supongamos que estas muestras son independientes y que la muestra  $i$  proviene de una población distribuida normalmente con una media  $\mu_i$  y una varianza  $\sigma^2$ ,  $i = 1, \dots, m$ . Nos interesará contrastar la hipótesis nula. (46)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_m$$

Frente a

$$H_1: \text{no todas las medias son iguales.}$$

Esto es, se tratará de contrastar la hipótesis nula de que todas las medias poblacionales son iguales frente a la alternativa de que al menos las medias de dos poblaciones difieren. (46)

Para analizar el efecto de varios niveles de una variable en un producto, se aplica el método estadístico de la varianza. En él se compara la variación propia de la variable con la residual, o sea, la varianza debida al error experimental y la debida al azar. (47)

Si  $F < F_t$  no hay efecto significativo de la fuente de variación considerada sobre los resultados; en cambio si es mayor o igual, sí hay diferencia significativa y en este caso es conveniente obtener la diferencia mínima significativa con la prueba de Tukey. (47)

#### **1.4.2. Prueba o test de Tukey**

Si se ha rechazado la hipótesis nula después de efectuar el Análisis de Varianza, se dice que existe al menos un grupo experimental que ha respondido de manera diferente a los demás tratamientos, es decir la variable independiente se ve influenciada por el efecto de la variable dependiente; con el objetivo de poseer más información para tomar decisiones e interpretar de mejor manera la hipótesis alternativa es necesario saber en que grupo se encuentran las diferencias significativas o si quizás siguen ciertas tendencias, el test de Tukey facilita todos estos requerimientos al contrastar los valores de las medias de una pareja de grupos considerando las varianzas de las mismas. La prueba de Tukey considera como un valor absoluto las diferencias entre las medias de uno y otro grupo para poder compararlos con su rango menos significativo. (18)

## CAPÍTULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1 Lugar de investigación

El presente trabajo se realizó en las siguientes instituciones:

- ✓ Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.
- ✓ Laboratorio Clínico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

#### 2.2 Personal encuestado

- ✓ Jóvenes estudiantes de quinto y sexto curso del Colegio Técnico de Bachillerato Carlos Cisneros de la ciudad de Riobamba.
- ✓ Panelistas expertos de la Facultad de Salud Pública – Escuela de Gastronomía de la ESPOCH.

#### 2.3 Materiales, equipos y reactivos

##### 2.3.1 *Materia prima*

Cutícula de tomate (*Solanum Lycopersicum*)

Espinaca (*Spinacia oleracea*)

Harina de trigo  
Azúcar  
Levadura fresca  
Manteca vegetal

### **2.3.2 Materiales**

Tazones  
Latas de horno  
Cápsulas  
Pinza de cápsula  
Desecador  
Vidrio reloj  
Crisol Gooch  
Lana de vidrio  
Baker para fibra  
Matraz Kitasato  
Balones Kjeldahl  
Matraces Erlenmeyer  
Buretas  
Probetas  
Baker para grasa  
Dedales  
Portadedales de vidrio  
Algodón desengrasado  
Cajas Pettri  
Pipetas de 1 ml.  
Pera para pipetear.  
Tubos de ensayo.  
Gradilla.

### **2.3.3 Equipos**

Molino

Horno

Balanza analítica

Estufa de 60 °C y 105° C

Mufla

Reverbero

Equipo para proteínas Kjeldahl

Equipo para grasa Goldfisch

Equipo digestor para fibra LABCONCO

Espectrofotómetro U.V/visible

Autoclave

Cámara de flujo laminar

Estufa de distintas temperaturas

Computadora

### **2.3.4 Reactivos**

Agua destilada

Sulfato de sodio

Sulfato de cobre

Ácido sulfúrico concentrado

Hidróxido de sodio 0.25 N

Ácido bórico al 2.5%

Indicador mixto de verde de bromocresol con rojo de metilo

Ácido clorhídrico 0.1 N estandarizado

Hexano

Ácido sulfúrico 0.13 M

Hidróxido de sodio al 22 %

Agua caliente

### 2.3.5 Medios de cultivo

Agar soya triptica

Agar sabouraud dextrosa

Agar bilis lactosa rojo neutro cristal violeta

Peptona

## 2.4 Métodos

### 2.4.1 Fase experimental

Se plantearon tres tratamientos y un testigo, en la tabla N°6 se observa las variables, en porcentaje de espinaca (*Spinacia oleracea*) y cutícula de tomate (*Solanum lycopersicum*) hasta alcanzar el 10% de la formulación.

**TABLA 6 PORCENTAJE DE ESPINACA (*Spinacia oleracea*) Y CUTÍCULA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)**

<b>Tratamiento</b>	<b>% E (<i>Spinacia oleracea</i>)</b>	<b>% T (<i>Solanum lycopersicum</i>)</b>
<b>F<sub>1</sub></b>	7	3
<b>F<sub>2</sub></b>	5	5
<b>F<sub>3</sub></b>	3	7

REALIZADO POR JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN.

#### 2.4.1.1 Formulaciones utilizadas en la elaboración del pan

Los tratamientos se basan en la variación de % de espinaca y cutícula de tomate, en la formulación del pan testigo (FN). Se observan las cantidades de los ingredientes utilizados en la tabla N°7.

**TABLA 7 INGREDIENTES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE PAN**

Ingredientes	F1	F2	F3	FN
Harina de trigo	90%	90%	90%	100%
Espinaca	7%	5%	3%	0%
C. de tomate	3%	5%	7%	0%
Azúcar	40 g	40 g	40 g	40 g
Levadura	32 g	32 g	32 g	32 g
Huevos	84 g	84 g	84 g	84 g
Mantequilla	64 g	64 g	64 g	64 g
Sal	16 g	16 g	16 g	16 g

FUENTE: EL LIBRO DEL PAN Y DE LA LECHE 2000.

### **Preparación de la cutícula de tomate y la espinaca**

Para la incorporación de la cutícula de tomate y las hojas de espinaca en la masa panaria es necesario realizar una deshidratación previa, la primera se deshidrató mediante energía solar y la segunda en una estufa de aire caliente a 60°C. La deshidratación al sol y al aire libre consistió en depositar la materia prima en bandejas o lienzo, cubiertos con fundas de plástico transparente para evitar la contaminación de cualquier índole. La deshidratación en estufa se realizó depositando el vegetal en unas fundas de papel antes de introducirlas en la misma. En ambos métodos de desecación se debe observar los vegetales que se han secado en menos tiempo y retirarlos de aquellos que aún están frescos. Una vez que la cutícula de tomate y la espinaca están secas se procedió a pulverizarlos mediante un molino de mano.

### **Procedimiento para la elaboración de pan**

El proceso de elaboración de pan se puede resumir en la Figura 4, de la siguiente manera:



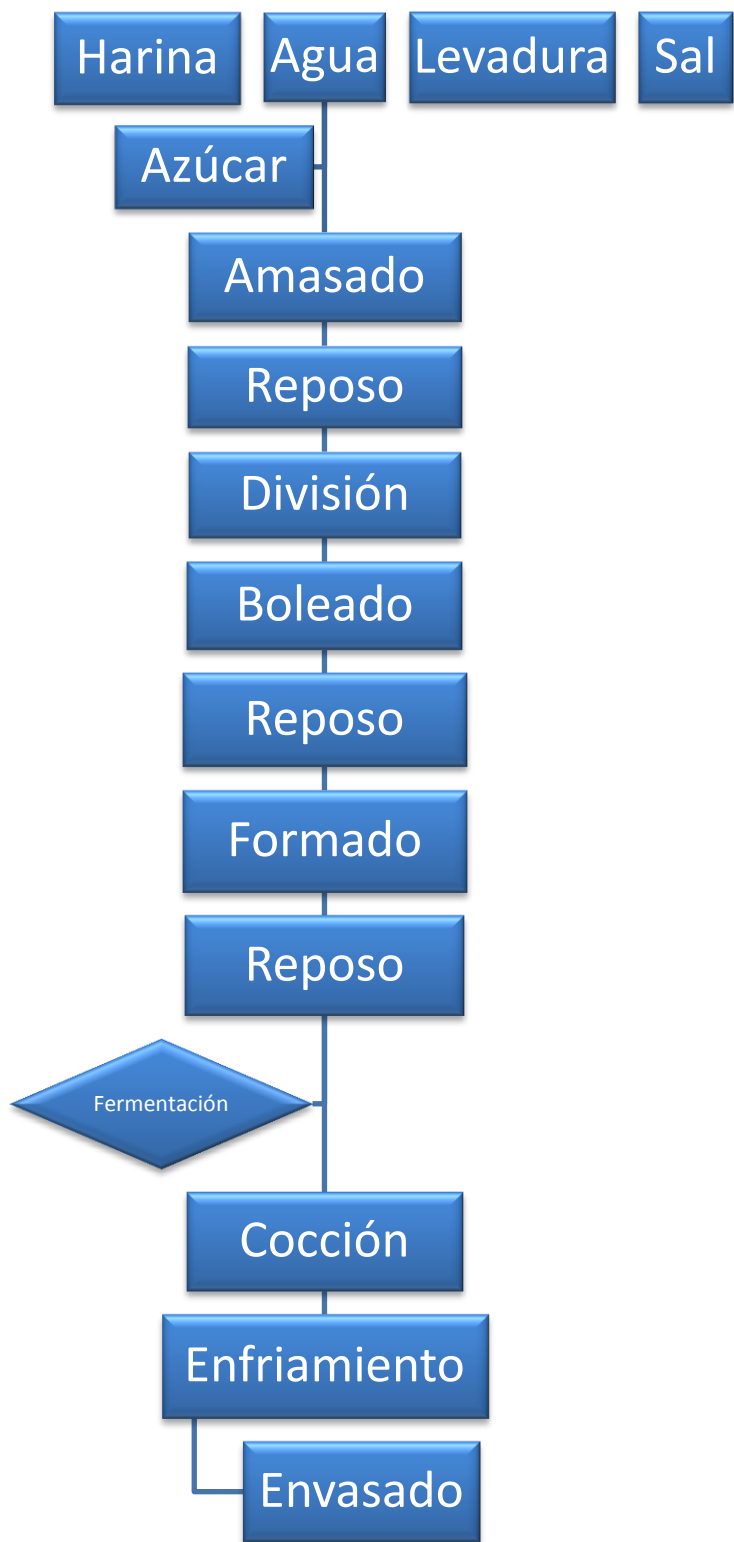


FIGURA 4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN.

#### 2.4.1.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial de las tres formulaciones se realizó mediante pruebas de aceptación que compendió dos herramientas: 1) prueba de degustación y 2) evaluación de las características internas y externas del pan.

La prueba de degustación consistió en una escala hedónica verbal que constaba de las siguientes opciones: *1. Me gusta mucho, 2. Me gusta moderadamente, 3. Me gusta levemente, 4. No me gusta ni me disgusta y 5. No me gusta.* También al final de la prueba de degustación se formuló una pregunta de ordenamiento para que los panelistas consumidores potenciales organizaran en forma ascendente la formulación de mayor agrado. (Anexo N°1)

La segunda herramienta utilizada como parte de las pruebas de aceptación fue la evaluación de las características internas y externas de las tres formulaciones de pan que valora con un puntaje determinado el color de la corteza, apariencia y simetría, sabor, color de la miga, textura de la miga y grano de la miga; tomada de la normativa NTE INEN 0530 del literal 4.5 (Anexo N°2), para esto se contó con la colaboración de ocho panelistas expertos de la Escuela de Gastronomía de la Facultad de Salud Pública de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a quienes, además, se les solicitó realizar la prueba de degustación que contenía la escala hedónica verbal aplicada a los panelistas consumidores potenciales, ellos fueron 50 alumnos de último año del Colegio de Bachillerato Técnico Carlos Cisneros de la ciudad de Riobamba.

#### 2.4.1.3 Análisis bromatológico

### **DETERMINACIÓN DE pH: NTE INEN 0095**

#### **Principio**

Para la determinación del pH se emplea un potenciómetro, que consiste en dos electrodos, uno de los cuales tiene una membrana sensible a los  $H_3O^+$ . Estos electrodos miden  $H_3O^+$  como una

diferencia de potencial eléctrico entre ellos, la cual es indicada como valores de pH en una pantalla que posee el potenciómetro. El aparato debe calibrarse con soluciones de pH conocido.

### **Procedimiento**

Se debe pesar en un vidrio reloj 10 gramos de pan previamente triturado en un mortero.

Depositar la muestra en un matraz de 250 ml. y adicionar 100 ml de agua destilada. Agitar la mezcla durante 30 minutos y dejarla reposar 10 minutos.

Transferir el sobrenadante a un vaso de precipitación de 100 ml para medir el pH del líquido con ayuda de un potenciómetro.

Se deberá lavar el electrodo del potenciómetro en agua destilada antes de realizar cada determinación.

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD: Método de desecación en estufa de aire caliente** (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50)

### **Principio**

La determinación de humedad por desecación en estufa de aire caliente es un método indirecto de análisis gravimétrico que consiste en evaporar el agua presente en una muestra de alimento a una temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , como resultado se obtiene la cantidad de sólidos totales presentes en la muestra, por lo que se deberá restar el valor calculado de 100% para establecer el valor correspondiente a la humedad. El principio de este método incluye la preparación de la muestra, pesado en balanza analítica, secado en estufa, enfriado en desecador y un último pesado.

## Procedimiento

La determinación de humedad se realizó por el método de desecación en estufa con circulación de aire caliente, que se describe a continuación, acotando que las cápsulas que se usan en la determinación de este parámetro una vez limpias se introducen en la estufa, de modo que de esta manera siempre existe la disponibilidad de cápsulas para realizar la determinación de humedad inmediatamente, de este modo se ahorra tiempo.

Empleando pinzas, se traslada la cápsula al desecador y se enfría durante 30 min. Se pesa la cápsula con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m1).

Luego se pesa 1 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).

Se coloca la muestra con la cápsula en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 103 °C +/- 2 hasta el otro día.

Se retira de la estufa, con ayuda de unas pinzas, la cápsula con la muestra y se enfría en desecador durante 30 min.

Se debe repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas sean mínimas o no existan. Registrar (m3).

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m2 - m3}{m2 - m1} \times 100$$

Donde:

m1: masa de la cápsula vacía, en gramos

m2: masa de la cápsula con la muestra antes del secado, en gramos

m3: masa de la cápsula con la muestra desecada, en gramos

**DETERMINACIÓN DE CENIZAS: Método de incineración en mufla.** (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50)

### **Principio**

La determinación de cenizas se realiza para cuantificar la cantidad total de materia inorgánica después de haber calcinado el material orgánico de un alimento. Las cenizas arrojan un valor de la riqueza o pobreza en minerales del alimento.

### **Procedimiento**

Colocar la cápsula con la muestra seca que se obtuvo de la determinación de humedad en un mechero o en un reverbero, para calcinarla hasta ausencia de humos.

Introducir la cápsula en la mufla e incinerar a 600<sup>0</sup>C, hasta obtener cenizas libres de residuo carbonoso, esto se consigue en 3 horas.

Colocar la cápsula en el desecador hasta que se enfríe y registrar su peso. Los cálculos son los siguientes:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P1 - P}{P2 - P} \times 100$$

Donde:

P = Peso de la cápsula vacía

P1 = Peso de la cápsula con la muestra después de la incineración

P2 = Peso de la cápsula con muestra antes de la incineración

**DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA: Método de Kjeldahl.** (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50)

### **Principio**

El método consiste en la determinación de nitrógeno orgánico total, por ende el material proteico y no proteico; consta de dos pasos principales:

En primer lugar se ejecuta la digestión o descomposición de la materia orgánica mediante calentamiento junto con ácido sulfúrico concentrado, en esta etapa ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica, a la vez que ocurre la oxidación de carbono a dióxido de carbono; todas estas reacciones se benefician del sulfato de sodio para incrementar el punto de fusión y del sulfato de cobre que hace de catalizador. El amoníaco que proviene de la descomposición de la materia nitrogenada orgánica reacciona con el ácido sulfúrico concentrado formándose sulfato de amonio.

Después de adicionar hidróxido de sodio a los productos de la digestión se procederá a destilar el amoníaco, dado que es volátil, en ácido bórico, formándose borato de amonio.

La titulación con ácido clorhídrico provocará la formación de cloruro de amonio, sustancia final necesaria para provocar el cambio de color, previa adición del indicador mixto, finalmente el resultado obtenido representa al contenido de nitrógeno por lo que habrá de multiplicar por un factor para obtener el valor real de proteína.

### **Procedimiento**

Pesar alrededor de 1 g de muestra homogeneizada (m) en un papel y depositar junto con este en el balón de digestión Kjeldahl.

Agregar 9 g de sulfato de sodio, 1 g de sulfato cúprico y 25 mL de ácido sulfúrico conc. Dejar enfriar un momento.

Colocar los balones en los digestores del equipo Kjeldahl, abrir la llave de agua y encender el extractor de gases junto con las fuentes de calor del equipo.

En esta etapa de digestión se dejará la muestra el tiempo suficiente, hasta que tome un color verde esmeralda y el balón se torne transparente.

Se retira los balones del equipo de digestión y se deja enfriar, para luego empezar la fase de destilación en el equipo Kjeldahl encendido.

La mezcla resultante de la digestión se debe destilar en 100 ml de ácido bórico al 2,5 % que se depositan en un matraz y se añade de 5 gotas de indicador mixto verde de bromocresol y rojo de metilo. El destilado se recoge hasta 250 ml.

Finalmente el destilado recogido se titula con ácido clorhídrico 0.1N estandarizado, hasta que ocurra un viraje de verde a rosa pálido. Se anota los ml de ácido clorhídrico consumidos en la titulación y se reemplaza en la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

Donde:

V: Mililitros de ácido clorhídrico gastados en la titulación.

N: Normalidad del ácido clorhídrico

m : Masa de la muestra, en gramos

5.70: para el pan.

**DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO: Método de Goldfisch.** (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50)

### **Principio**

El principio de este método consiste en una extracción continua de la materia grasa con un solvente orgánico, el cual, se evapora al calentarse pero al momento de llegar al condensador nuevamente se torna líquido y cae en el vaso de precipitado del equipo junto con la grasa extraída.

### **Procedimiento**

La determinación se hace por el método de Goldfisch que se describe a continuación:

Colocar el vaso de Goldfisch o vaso de precipitado en la estufa a  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  con el objetivo de tararlo. Se pesa el vaso vacío de precipitado.

Pesar 1 g. de muestra y colocarlo en el dedal de alundum de extracción (como la bolsita de papel filtro cuando se emplea Soxhlet) y tapar con algodón e introducirlo en el tubo de muestras o portadedal. El portadedal se inserta en una pinza de resorte localizada en el condensador.

Adicionar en el vaso de Goldfisch o vaso de precipitado aproximadamente 40 ml. del disolvente hexano e introducirlo en el engrane circular para ajustar el vaso en el condensador, de modo que el portadedal permanezca dentro del vaso de precipitado que contiene el hexano.

Se desliza hacia arriba el soporte del equipo que además de ser la fuente de calor, mantiene firme el vaso al portadedal para asegurar la extracción de la grasa. Entonces se abre la llave de agua para enfriar los condensadores e inmediatamente se enciende el equipo para empezar la



extracción. Hervir alrededor de 4 horas, que es el tiempo que demora en extraer la grasa del alimento.

Cuando la extracción se completa, el tubo de la muestra o portadetal se retira y se reemplaza con un tubo de recuperación.

Una vez recuperado el solvente, el vaso de precipitado que contiene la grasa extraída y una pequeña cantidad de solvente se introduce en la estufa de 103°C  $\pm$  2°C por cuatro horas o hasta el siguiente día para obtener datos más exactos (aunque la variación es mínima o no existe).

El vaso de precipitado se enfría en desecador 30 minutos y se pesa para comparar con el peso del vaso vacío de precipitado. El aumento del peso del vaso de precipitado determina la cantidad de grasa o aceite extraído.

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{P2 - P1}{Pm} \times 100$$

Donde:

P2: Peso del vaso de precipitado después de la extracción.

P1: Peso del vaso de precipitado antes de la extracción.

Pm: Peso de la muestra antes de la extracción.

**DETERMINACIÓN DE FIBRA: Método LABCONCO.** (Método empleado en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH). (50)

### **Principio**

Al realizar la digestión con el ácido y la base fuerte se imita el proceso de digestión del alimento que ocurre en el organismo y por lo tanto, el residuo que resiste al tratamiento ácido y alcalino corresponde a la cantidad de fibra o material que no se absorbe en el organismo sino que más bien sirve como vehículo para transportar compuestos innecesarios hacia la vía de excreción fecal.

### **Procedimiento**

Se pesa 1 gramo de muestra en el vaso de precipitado y se adiciona 200 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.13 M y luego 3 ml de alcohol-n-amílico.

El vaso de precipitado se coloca en el equipo LABCONCO, el cual se eleva hasta que se hace una conexión de compresión de resorte entre el vaso de precipitado y el condensador.

Se deja hervir durante 30 minutos y después se retira el vaso de precipitado para agregar 20 ml de NaOH al 22%, se arma el equipo nuevamente y se deja hervir otros 30 minutos.

Finalmente el contenido del vaso de precipitado se filtra, para luego lavar el residuo repetidamente en agua hirviendo.

El residuo se filtra al vacío con la ayuda de un matraz Kitazato en un crisol de Gooch, al cual se ha añadido lana de vidrio.

Después que se ha filtrado (el residuo de la digestión ácida y alcalina) se introduce el crisol de Gooch en la estufa a una temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2$ , hasta el siguiente día; después se enfría en el desecador de 30 minutos, antes de pesarlo.

Una vez que se ha cumplido lo anterior mencionado, se introduce el crisol de Gooch con la muestra en la mufla a  $600^{\circ}\text{C}$  durante toda la noche, se deja de 30 minutos en el desecador y finalmente se registra este último peso, para calcular:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{P1 - P2}{P3} \times 100$$

Donde:

P1 = Peso del crisol más el residuo desecado en la estufa

P2 = Peso del crisol más las cenizas después de la incineración en la mufla

P3 = Peso de la muestra seca y desengrasada

**DETERMINACIÓN DE EXTRACTO LIBRE NO NITROGENADO (ELnN).** Cálculo mediante la diferencia entre 100 y la suma y de los demás componentes correspondientes al análisis proximal. (50)

### **Principio**

Una vez calculados los parámetros del análisis proximal, se suman los mismos y se restan de 100 debido a que la cantidad para llegar a 100 corresponde a los carbohidratos digeribles, es decir a los carbohidratos que se absorben en sangre una vez desdoblados.

### **Procedimiento**

Se suman los valores obtenidos en porcentaje: humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo y fibra para finalmente restar de 100 y el resultado obtenido corresponderá a la cantidad de hidratos de carbono presente en alimento.

**DETERMINACIÓN DE LICOPENO:** Método por espectrofotometría de luz visible. (13)

### **Principio**

La espectrofotometría se fundamenta en la cantidad de luz visible o ultravioleta que absorbe una muestra coloreada, la intensidad de color depende de la cantidad de sustancia analizada y

por ello la concentración de una sustancia en una muestra es directamente proporcional a la absorbancia de esta.

### **Procedimiento**

Una vez triturada la muestra en un mortero, se debe pesar 0.6 gramos y depositarlos en un tubo para después adicionar 5 ml de una mezcla de acetona y hexano, previa preparación en una proporción de 4:6.

Inmediatamente se centrifuga durante 5 minutos a 5000 revoluciones por minuto para extraer el sobrenadante y llevarlo al espectrofotómetro.

A continuación se lee en el campo de luz visible a una las siguientes longitudes de onda: 453 nm., 505 nm., 645 nm., 663 nm., empleando como blanco la mezcla de solventes, como se indica en los métodos de Rosales (2008).

Para cuantificar licopeno se utilizó la siguiente fórmula propuesta por la metodología de Nagata y Yamashita (1992).

$$\text{Licopeno } \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} = 0.0458 A_{663} + 0.204 A_{645} + 0.372 A_{505} + 0.0806 A_{453}$$

#### 2.4.1.4. Análisis microbiológico

### **ANÁLISIS DE MESÓFILOS AEROBIOS (27)**

#### **Procedimiento**

Se debe añadir a cada placa de Petri 15 ml. de medio de cultivo Agar Soya Trípica fundido y enfriado a 45°C. Dejar solidificar.

Secar las placas preferiblemente a 50°C durante 1.5 – 2 horas.

Para preparar la muestra de alimento se debe depositar una pequeña cantidad del alimento como 5 o 10 gramos en un matraz al cual se ha añadido agua de peptona al 0.1% previamente esterilizado, la cantidad de agua de peptona deberá estar en una proporción 1: 10 con la muestra de alimento.

Transferir una alícuota de 0.1 ml en la placa de Petri con el Agar Soya Tríptica solidificado y extender con la misma pipeta sobre la superficie del medio de cultivo.

Dejar secar las superficies de las placas durante 15 minutos e incubar las placas invertidas durante 3 días a 29 – 31°C.

Calcular el número de microorganismos aerobios mesófilos por gramo de muestra de la siguiente manera:

$$C = n \cdot 10 \cdot f$$

Donde:

C = Unidades Formadoras de Colonia de microorganismos aerobios mesófilos/g.

n = Numero de Unidades Formadoras de Colonia contadas en la placa de Petri.

10 = Factor para convertir el inóculo sembrado a 1 ml.

f = Factor de dilución.

## ANÁLISIS DE MOHOS Y LEVADURAS (27)

### Procedimiento

Añadir a cada placa Petri 20 ml. de agar de Saboraud modificado fundido y enfriado a 45 – 50°C al que se le ha adicionado previamente el volumen necesario de una solución de cloranfenicol.

Para preparar la solución de cloranfenicol se disuelve 1 gramo de succinato de cloranfenicol en 100 ml. de agua destilada estéril y se filtra a través de una membrana de 0.45 um.

Se deposita una pequeña cantidad del alimento como 5 o 10 gramos en un matraz al cual se ha añadido agua de peptona al 0.1% previamente esterilizado, la cantidad de agua de peptona deberá estar en una proporción 1: 10 con la muestra de alimento.

Marcar dos placas por dilución, tomar las correspondientes a la más alta y sembrar en cada una 0.1 ml. de la dilución del respectivo tubo. Repetir esta operación con cada dilución hasta llegar a la más concentrada, usar siempre la misma pipeta, pero homogenizando 3 veces la dilución antes de sembrar cada placa.

Extender las alícuotas de 0.1 ml. sobre la superficie del medio, tan pronto como sea posible. Dejar secar las superficies de las placas 15 minutos.

Incubar las placas a 20 – 24°C durante 3 a 5 días o a temperatura ambiente durante 5 a 7 días y calcular así:

$$C = n \cdot 10^f$$

Donde:

C = Unidades Formadoras de Colonia de microorganismos aerobios mesófilos/g.

n = Número de Unidades Formadoras de Colonia contadas en la placa de Petri.

10 = Factor para convertir el inóculo sembrado a 1 ml.

f = Factor de dilución.

## **ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES (27)**

### **Procedimiento**

Al igual que en todo análisis microbiológico se efectúa la preparación de la muestra.

Se prepara las diluciones para pipetear 1 ml. de cada dilución en las placas de Petri.

Agregar de 10 a 15 ml. de agar bilis lactosa rojo neutro cristal violeta, fundido a 45°C y dejar solidificar de 5 – 10 minutos. Después se adiciona de 3 a 4 ml. de medio fundido de modo que se forme una segunda capa de medio de cultivo solidificado.

Incubar las placas a una temperatura que oscila entre 35 y 37°C por 24 horas.

Calcular mediante la fórmula siguiente:

$$C = n * f$$

Donde:

C = Unidades Formadoras de Colonia de coliformes /g.

n = Número de Unidades Formadoras de Colonia contadas en la placa de Petri.

f = Factor de dilución.

### **2.4.2 *Análisis estadístico***

Los datos del análisis bromatológico que se obtuvieron del pan fueron analizados a través del Análisis de Varianza (ADEVA) y el test de Tukey para averiguar la presencia de diferencia significativa entre las formulaciones enriquecidas junto al pan testigo.



## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis sensorial

Las tres formulaciones de pan F1 (3% E, 7% T), F2 (5% E, 5% T) y F3 (7% E, 3% T) con diferente porcentaje de cutícula de tomate y espinaca fueron evaluadas con pruebas de aceptación. Los resultados se muestran en los cuadros 1 al 9.

Para determinar el orden de aceptabilidad de los tratamientos, se tabularon los resultados de las encuestas aplicadas a los panelistas consumidores potenciales y al panel de expertos. En el cuadro N°1 y cuadro N°3 se observan los resultados de la prueba de degustación y de la pregunta de ordenamiento por parte de los panelistas consumidores potenciales. Para determinar la formulación con mayor aceptación se consideró la sumatoria de la repuestas *me gusta mucho*, *me gusta moderadamente* y *me gusta levemente* previa multiplicación por los factores 3, 2, 1 para los resultados de la prueba de degustación y 3, 2, 1 para la pregunta de ordenamiento; se debe señalar que las respuestas *no me gusta ni me disgusta* y *no me gusta* se multiplicó por los factores -1 y 0. Los resultados que se pueden ver en el cuadro N°2 y cuadro N°4 muestran que las formulaciones con mayor aceptabilidad fueron F3 (488 puntos) y F2 (469 puntos) en ese orden, a las propiedades apariencia, color, olor, sabor y textura, de la escala hedónica aplicada. La prueba de ordenamiento corrobora estos resultados, 113 puntos para F3 en primer lugar, 112 puntos para F2 y 75 puntos para F1.

**CUADRO 1. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN DE LOS CLIENTES POTENCIALES**

Propiedad del alimento	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Factor	
	Me gusta mucho	11	10	3	11	12	3
	Me gusta moderadamente	12	15	8	15	19	2
<b>F1</b>	Me gusta levemente	16	6	17	9	9	1
	No me gusta ni me disgusta	10	8	14	11	8	0
	No me gusta	1	11	8	4	2	-1
	Me gusta mucho	20	27	18	11	14	3
	Me gusta moderadamente	15	12	15	16	13	2
<b>F2</b>	Me gusta levemente	8	7	12	15	15	1
	No me gusta ni me disgusta	7	3	5	7	5	0
	No me gusta	-	1	-	1	3	-1
	Me gusta mucho	25	11	18	24	12	3
	Me gusta moderadamente	18	21	18	10	14	2
<b>F3</b>	Me gusta levemente	5	12	10	12	17	1
	No me gusta ni me disgusta	2	6	4	4	3	0
	No me gusta	-	-	-	-	4	-1

REALIZADO POR: JEFFERSON VICTOR PAZ LEÓN

**CUADRO 2. RESULTADOS DE LA MULTIPLICACIÓN POR EL FACTOR**

Propiedad del alimento	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Suma	Suma por niveles
	Me gusta mucho	33	30	9	33	36	141
	Me gusta moderadamente	24	30	16	30	38	138
<b>F1</b>	Me gusta levemente	16	6	17	9	9	57
	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
	No me gusta	-1	-11	-8	-4	-2	-26
	Me gusta mucho	60	81	54	33	42	270
	Me gusta moderadamente	30	24	30	32	26	142
<b>F2</b>	Me gusta levemente	8	7	12	15	15	57
	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
	No me gusta	0	-1	0	-1	-3	-5
	Me gusta mucho	75	33	54	72	36	270
	Me gusta moderadamente	36	42	36	20	28	162
<b>F3</b>	Me gusta levemente	5	12	10	12	17	56
	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
	No me gusta	0	0	0	0	-4	-4

REALIZADO POR: JEFFERSON VICTOR PAZ LEÓN

**CUADRO 3. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO DE LOS CLIENTES POTENCIALES**

Formulación	Primero F3	Primero F2	Primero F1	Factor
Encuestados	25	20	5	3
Formulación	Segundo F2	Segundo F1	Segundo F3	Factor
Encuestados	22	15	13	2
Formulación	Tercero F1	Tercero F3	Tercero F2	Factor
Encuestados	30	12	8	1

REALIZADO POR: JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN

**CUADRO 4. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO MULTIPLICADO POR EL FACTOR**

Formulación	F3	F2	F1
Primero	75	60	15
Segundo	26	44	30
Tercero	12	8	30
Suma	113	112	75

REALIZADO POR: JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN

El cuadro N°5 y el cuadro N°7 corresponden a los resultados de la prueba de degustación y de la pregunta de ordenamiento por parte del panel de expertos, estos concuerdan con los resultados de los panelistas consumidores potenciales. Las formulaciones con mayor aceptación son F3 (67 puntos) y F2 (61 puntos), coincide con la pregunta de ordenamiento cuyos valores son 18 puntos para F3, 16 puntos para F2 y 14 puntos para F1, estos resultados se pueden ver detalladamente en el cuadro N°6 y cuadro N°8. Se sometió también al panel de expertos al ensayo de panificación NTE INEN 530 1980 – 12 que valora las características externas e internas de un pan sobre 100 puntos. Un pan aceptable debe tener un mínimo de 50 puntos, estos resultados se muestran en el cuadro N° 9.

**CUADRO 5. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN DEL PANEL DE EXPERTOS**

	<b>Propiedad del alimento</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Factor</b>
<b>F1</b>	Me gusta mucho	-	2	1	1	1	3
	Me gusta moderadamente	4	2	3	1	2	2
	Me gusta levemente	3	4	2	4	4	1
	No me gusta ni me disgusta	1	-	2	1	1	0
	No me gusta	-	-	-	1	-	-1
<b>F2</b>	Me gusta mucho	1	3	2	3	2	3
	Me gusta moderadamente	2	-	4	-	3	2
	Me gusta levemente	3	2	-	3	2	1
	No me gusta ni me disgusta	1	2	-	1	1	0
	No me gusta	1	1	2	1	-	-1
<b>F3</b>	Me gusta mucho	1	2	1	2	1	3
	Me gusta moderadamente	4	3	3	3	4	2
	Me gusta levemente	2	2	4	1	3	1
	No me gusta ni me disgusta	1	1	-	-	-	0
	No me gusta	-	-	-	2	-	-1

REALIZADO POR: JEFFERSON VICTOR PAZ LEÓN

**CUADRO 6. RESULTADOS DE LA MULTIPLICACIÓN POR EL FACTOR**

	<b>Propiedad del alimento</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Suma</b>	<b>Suma por niveles</b>
<b>F1</b>	Me gusta mucho	0	6	3	3	3	15	56
	Me gusta moderadamente	8	4	6	2	4	24	
	Me gusta levemente	3	4	2	4	4	17	
	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0	
	No me gusta	0	0	0	-1	0	-1	
<b>F2</b>	Me gusta mucho	3	9	6	9	6	33	61
	Me gusta moderadamente	4	0	8	0	6	18	
	Me gusta levemente	3	2	0	3	2	10	
	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0	
	No me gusta	-1	-1	-2	-1	0	-5	
<b>F3</b>	Me gusta mucho	3	6	3	6	3	21	67
	Me gusta moderadamente	8	6	6	6	8	34	
	Me gusta levemente	2	2	4	1	3	12	
	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0	
	No me gusta	0	0	0	-2	0	-2	

REALIZADO POR: JEFFERSON VICTOR PAZ LEÓN

**CUADRO 7. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO DEL PANEL DE EXPERTOS**

Formulación	Primero F3	Primero F2	Primero F1	Factor
Encuestados	4	2	2	3
Formulación	Segundo F2	Segundo F3	Segundo F1	Factor
Encuestados	4	2	2	2
Formulación	Tercero F1	Tercero F2	Tercero F3	Factor
Encuestados	4	2	2	1

REALIZADO POR: JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN

**CUADRO 8. RESULTADO DE LA PREGUNTA DE ORDENAMIENTO MULTIPLICADO POR EL FACTOR**

Formulación	F3	F2	F1
Primero	12	6	6
Segundo	4	8	4
Tercero	2	2	4
Suma	18	16	14

REALIZADO POR: JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN

En el cuadro N° 9 se puede apreciar que las tres formulaciones superan el mínimo de puntaje (50 puntos) que debe alcanzar un pan ideal según la normativa NTE INEN 530 1980 – 12, el orden de aceptación de los resultados dados por el panel de expertos en orden ascendente (de mayor a menor) es F3 (74.38 puntos), F2 (63.13 puntos) y F1 (53.75 puntos). El esquema de los parámetros evaluar de acuerdo al Ensayo de Panificación NTE INEN 530 1980 – 12 correspondiente a las características internas y externas del pan se encuentran en el Anexo 2.

Las formulaciones F3 y F2 son las más apetecidas por el panel de expertos, utilizando las tres pruebas.

**CUADRO 9. RESULTADO DEL ENSAYO DE PANIFICACIÓN NTE INEN 530 1980 – 12**

	Valores sobre 100 puntos								Suma	Promedio
<b>F1</b>	90	45	45	65	20	50	70	45	430	<b>53,75</b>
<b>F2</b>	75	65	95	90	60	45	45	30	505	<b>63,13</b>
<b>F3</b>	70	85	50	65	100	85	50	90	595	<b>74,38</b>

REALIZADO POR: JEFFERSON VÍCTOR PAZ LEÓN

### 3.2 Resultados pH y análisis bromatológico

El tratamiento de los datos experimentales se llevó a cabo mediante el Análisis de Varianza (ADEVA) y el test de Tukey con el programa estadístico R- commander, se evaluaron tres tratamientos F1 (3%T, 7%E), F2 (5%T, 5%E), F3 (7%T, 3E%) y FN (pan testigo). En el cuadro N°10 se muestran los valores de humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra, extracto libre de nitrógeno, pH y licopeno.

**CUADRO 10. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS TRES FORMULACIONES DE PAN JUNTO CON EL PAN TESTIGO**

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>FN</b>
<b>Humedad</b>	18,54±0,0002 a	19,94±0,02 b	21,86±0,2 c	22,2±0,01 d
<b>Cenizas</b>	3,01±0,01 b	3,29±0,07c	4,11±0,02 d	1,42±0,009 a
<b>Proteína</b>	9,48±0,04 c	8,84±0,3 b	8,07±0,1 a	9,51±0,007 c
<b>Grasa</b>	16,39±0,06 c	15,31±0,02 a	15,93±0,06 b	17,01±0,005 d
<b>Fibra</b>	4,74±0,05 c	3,99±0,3 b	3,88±0,08 b	1,35±0,006 a
<b>ELN</b>	47,85±0,04 b	48,61±0,3 c	46,16±0,3 a	48,49±0,02 c
<b>pH</b>	5,60±0,1 bc	5,40±0,1 ab	5,17±0,06 a	5,73±0,1 c
<b>Licopeno</b>	0,33±0,0 a	0,86±0,01 b	1,22±0,01 c	-

Nota: Letras diferentes indican existencia de diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ )

#### 3.2.1 Determinación de pH

Existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos F1 y F2 y entre F3 y el testigo (FN). El valor más bajo corresponde a F2 (5,40) y F3 (5,17), éstos no presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ), porque la variación en el porcentaje de cutícula de tomate y espinaca no influye en el valor del pH ya que ambas hortalizas son ácidas. Según Culbertson J. (2007) el pH del pan se encuentra entre 5.3 – 5.8, esto coincide con el pan testigo (FN). La espinaca y el tomate tienen un pH ácido comprendido entre 5.5-6.8 y 4.2-4.9, respectivamente; el pH del pan enriquecido disminuye en función del aumento de cutícula de tomate en la formulación, esto explica los valores para los tratamientos arriba indicados, ya que la formulación con mayor porcentaje de cutícula de tomate es la F3.

### **3.2.2 Contenido de humedad**

La diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ) de los panes enriquecidos y del pan testigo están registrados en el cuadro N°10, se aprecia que F3 es igual a 21,86% tiene más contenido en agua que F2 igual a 19.94% y F1 igual a 18.54%; mientras que el pan testigo FN igual a 22.22% supera a las demás formulaciones. Esta diferencia puede explicarse por la variación en el porcentaje de cutícula de tomate y espinaca, que implica ciertas divergencias en el tiempo de cocción, ya que si se observa los resultados detenidamente se puede apreciar que el contenido de agua en las formulaciones enriquecidas aumenta en función del incremento de cutícula de tomate. A su vez puede identificarse variaciones en la humedad debido a posibles ascensos y descensos de la temperatura del horno al momento de retirar los panes una vez elaborados e ingresar otros para su cocción, lo que se traduce en un aumento del tiempo de horneado hasta que el horno vuelva a recuperar su temperatura óptima.

Gil A. (2010) reporta valores de humedad comprendidos entre 29 – 38% para el pan blanco y 30-37%, el pan integral (la comparación se lo hace con el pan integral debido a la inexistencia de valores referenciales de un pan enriquecido con tomate y espinaca), esta leve diferencia se debe a las condiciones de procesado e ingredientes que ejercen influencia en el contenido de agua.

### **3.2.3 Contenido de cenizas**

Los resultados correspondientes a cenizas se pueden ver en el cuadro N°10, luego del análisis estadístico se confirma la presencia de diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en los resultados, F1 tiene un porcentaje de cenizas igual a 3.01 %. F2 posee 3.29%, F3 es igual a 4.11% y FN tiene 1.42% de porcentaje en cenizas; los resultados arrojan valores superiores al contenido encontrado en el pan normal (FN) y a medida que el porcentaje de cutícula de tomate aumenta el contenido de minerales también se eleva, las cenizas constituyen un indicador de la presencia de minerales, que en el pan elaborado con espinaca y cutícula de tomate está presente en mayor porcentaje, una razón importante para consumir alimentos innovadores que persiguen modificar el estilo de vida de las personas.

El aumento de cenizas en las tres formulaciones de pan enriquecido es debido a la contribución de minerales por parte de las dos hortalizas. Martínez A. (2003) revela un 2.10% del contenido de cenizas en la espinaca, más cantidad que en la harina de trigo que según Yúfera P. (1979) posee entre 0.4 – 0.8%; mientras que el tomate presenta un 3.06% de acuerdo a Monsalve J. (2007). Cabe señalar que la insuficiencia de bibliografía que describa la cantidad de ceniza que tiene la cutícula de tomate hace que se tome como referencia el valor nutritivo de la hortaliza entera.

### **3.2.4 Contenido de proteína**

Existe diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ) en el contenido de proteína entre las formulaciones, a excepción de F1 y FN, los datos reportados se muestran en el cuadro N°10, F1 tiene un valor igual 9.48%, F2 es igual a 8.84%, F3 es igual a 8.07% y FN posee un valor superior debido a la presencia de harina de trigo en su totalidad, equivalente a 9.51%. Pamplona J. (2004) reporta niveles de proteína para el tomate y la espinaca iguales a 0.85% y 2.86%, respectivamente; es por ello que F1 tiene mayor proteína que F2 y F3. En cuanto a la cantidad de proteína presente en la harina de trigo Yufera P. (1979) registra un valor comprendido entre 7-12%, lo cual se constata en FN porque tiene más cantidad de proteína.

Si se comparase el contenido de proteínas entre un pan integral (mayor en este) y un pan blanco la diferencia sería menor al 1% según Gil A. (2010), de la misma manera al sustituir una pequeña cantidad de harina de trigo por espinaca y cutícula de tomate deshidratadas, como se hizo en F1, F2 y F3, la diferencia en el contenido de proteína no cambiaría mucho ya que la cantidad de proteína que aportan estos vegetales es mínima.

### **3.2.5 Contenido de extracto etéreo**

En cuanto a la cantidad de extracto etéreo todos los tratamientos son estadísticamente ( $\alpha=0.05$ ) diferentes, el 16.39% corresponde a F1, 15.31% a F2, 15.93% a F3 y 17.01% para FN.



Considerando los datos bibliográficos de Pamplona J. (2004), la espinaca tiene una cantidad de grasa total igual a 0.35% y el tomate posee, 0.33%, mientras que la harina de trigo contiene entre 1.2 – 1.4% de grasa según reportes de la Universidad de Córdoba (2012); es por ello que los márgenes son estrechos entre los diferentes valores de grasa de las formulaciones enriquecidas mientras que en el pan testigo se puede apreciar un valor levemente mayor.

### **3.2.6 Contenido de fibra**

Los valores de fibra cuantificados en las diferentes formulaciones se presentan en el cuadro N° 10, existe diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) en el contenido de fibra de F1 y FN pero no la hay entre F2 y F3.

La primera formulación F1 alcanza una media de 4,74 %, F2 posee 3.99 %, F3 tiene 3.88%; y finalmente el contenido de fibra en el pan blanco es 1.35%, resultado que evidencia la escasez de fibra porque en su composición no consta ninguna hortaliza. El incremento de fibra en F1, F2 y F3 se debe a la cantidad de fibra que aporta la espinaca y la cutícula de tomate; según Pamplona J. (2004), la cantidad de fibra en la espinaca es igual a 2.7%, y el porcentaje de fibra proveniente del tomate es 1.1%, por estas razones que se ven reflejadas en los resultados se observa que F1 tiene más fibra que F2 y F3, mientras que la similitud entre F2 y F3 se atribuye al aporte de fibra de la cutícula de tomate, que aunque es mayor en la última formulación, si se considera los valores de referencia estimados por Pamplona J. (2004) se verá que su contribución de fibra no es lo suficientemente grande para provocar una diferencia significativa.

La reglamentación europea 1924/2006 restringe el nombre de *fuentes de fibra* al producto que posee al menos el 3% del contenido en este nutriente.

### **3.2.7 Contenido de extracto libre de nitrógeno**

Gil A. (2010) explica que los hidratos de carbono en un pan integral están en una proporción ligeramente inferior al pan blanco. La formulación con mayor contenido de extracto libre de

nitrógeno es F2 con 48.61% y FN con 48.49%, sin que exista diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ) entre estas dos formulaciones; después continúa F1 con 47.85% y finalmente F3 con 46.16%, como se observa en el cuadro N° 10.

Según las formulaciones, el pan testigo debería presentar mayor cantidad de ELN, ya que presenta mayor porcentaje de harina de trigo, sin embargo estadísticamente es igual a F2 (5%, 5%), esto se puede explicar considerando el porcentaje de humedad, el pan testigo presenta mayor contenido FN (22,2%) que el tratamiento F2 (19,94%) por lo tanto analizando los resultados en base seca se corrobora que el FN presenta mayor contenido de carbohidratos.

La composición de extracto libre de nitrógeno en F1 es mayor a la de F3, por tanto este resultado puede revelar que la espinaca supera discretamente a la cutícula de tomate en cuanto a este parámetro, en teoría entonces F2 tendría un valor intermedio pero ocurre que es mayor a F1 y F3, sin embargo la humedad vuelve a jugar un papel importante en los resultados ya que el contenido de agua en F1 (18.54%) y F3 (21.86%) provoca un ascenso en el contenido de carbohidratos de este último, produciéndose resultados semejantes entre las formulaciones enriquecidas con la pequeña superioridad de FN, lo que concuerda con lo descrito por Gil A. (2010) y que consta en las primeras líneas del literal 3.2.7.

### **3.2.8 Contenido de licopeno**

Una razón más por la cual el pan enriquecido constituye un alimento funcional es por su contenido de licopeno, la formulación con mayor porcentaje es F3 con un valor igual a 1.22 ug/g, debido a que presenta el mayor contenido de cutícula de tomate que los otros tratamientos. Al incluir este componente bioactivo en el pan, este se convierte en un alimento con propiedades preventivas de enfermedades que se desencadenan por acción de las especies reactivas de oxígeno o radicales libres además que se contribuye con este antioxidante una forma alternativa de consumir alimentos ricos en licopeno a parte del tomate crudo o cocinado e industrializado en forma de salsa o pasta. Los demás valores de licopeno se pueden observar en el cuadro N°10.

### 3.3 Análisis microbiológico

CUADRO 11. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE PAN

Microorganismos	F1	F2	F3	NTE INEN 2085
Mesófilos aerobios (UFC/g)	$3 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$< 3 \times 10^4$
Mohos (UFC/g)	0	0	0	$< 5 \times 10^2$
Coliformes totales (UFC/g)	0	0	0	$< 1 \times 10^2$

REALIZADO POR: JEFFERSON VICTOR PAZ LEÓN

La norma usada de referencia para el análisis microbiológico, NTE INEN 2085 corresponde a galletas, ya que no se ha encontrado referencias para pan. Los ensayos microbiológicos realizados permiten el análisis de la calidad higiénica del alimento, ésta se puede verse afectada a lo largo de la cadena de producción, teniendo un mayor impacto una manipulación inadecuada después de pasar por los puntos críticos de control, que son etapas en las que se elimina un peligro o disminuye a un nivel que no causa efecto negativo en la salud del consumidor. En el cuadro N° 11, se observan los resultados y los valores de referencia, se puede indicar que se ha efectuado una correcta manipulación, sin embargo el tratamiento F1 se encuentra en el límite de lo permitido en cuando a bacterias mesófilas aerobias, por lo que se deberá tener mejor control en la manipulación de este alimento.

El pan es un producto que no requiere registro sanitario, de todas maneras siempre será imprescindible tener presente las medidas higiénico – sanitarias durante la elaboración del alimento.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- ✓ Las formulaciones a base de cutícula de tomate y espinaca constituyen un alimento dirigido a personas de cualquier edad; con base en las pruebas de aceptación realizadas, su valoración nutricional y funcional, la cutícula de tomate y espinaca deshidratadas (F1, F2 y F3) pueden ser empleadas como un ingrediente en la elaboración de pan.
- ✓ La cutícula de tomate que habitualmente se descarta en las industrias tomateras puede ser empleada como materia prima para la elaboración de productos innovadores de la industria alimenticia.
- ✓ Se elaboró tres formulaciones diferentes de espinaca y cutícula de tomate en proporciones del 7%, y 3%; 5% y 5%, 3% y 7%, respectivamente. Estas tuvieron variaciones en su composición química y en su aceptación.
- ✓ La formulación de mayor aceptación tanto para los panelistas expertos y los panelistas consumidores potenciales, fue la F3, 3% de espinaca deshidratada y 7% de cutícula de tomate deshidratada, seguida de la formulación F2, 5%, 5% respectivamente. Con base en la norma NTE INEN 530 1980-12, que evalúa las características internas y externas del pan, las tres formulaciones obtuvieron una calificación mayor a 50 puntos, puntaje mínimo que debe tener un pan según dicha norma.

- ✓ El pan enriquecido con cutícula de tomate y espinaca es superior al pan blanco (testigo) en cuanto a compuestos funcionales y nutricionales; por su contenido de fibra puede prevenir patologías digestivas y metabólicas, la presencia de licopeno confiere al alimento capacidad antioxidante que impide la manifestación de enfermedades relacionadas con los radicales libres, la cuantificación de cenizas es un indicativo de una mayor cantidad de minerales respecto al pan blanco. Su elaboración con las medidas higiénico – sanitarias se puede confirmar gracias al cumplimiento de las normativas exigidas por la INEN en cuanto a los requisitos microbiológicos, por lo tanto se garantiza la inocuidad del alimento.

## **4.2 Recomendaciones**

- ✓ El pan enriquecido con cutícula de tomate y espinaca se recomienda como un alimento funcional que puede ser consumido a cualquier edad y que puede reemplazar al pan tradicional o incluso al pan integral debido a su contenido equivalente de fibra.
- ✓ Además de la cutícula de tomate y de la espinaca existen otras verduras utilizadas ya sea enteras o únicamente ciertas partes que se descartan de estas, que pueden tener un ingrediente funcional dentro de su composición, por lo que puede incorporarse a más productos de panificación y bollería.
- ✓ La cutícula de tomate puede emplearse en la elaboración de otros productos alimenticios a base de harina, como galletas de sal.
- ✓ En la composición del pan enriquecido con cutícula de tomate y espinaca, la harina de trigo continúa siendo el ingrediente mayoritario, por lo que se recomienda investigar con un porcentaje de sustitución mayor para medir su aceptabilidad, ya que el valor funcional será directamente proporcional a la cantidad de éstos dos ingredientes.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

**1. AGRIMUNDO.** Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2012.

<http://www.agrimundo.cl/wp-content/uploads/reporte-7-con-dise%c3%91o-incluido-aprobado.pdf>.

2013/10/16

**2. ALIMENTOS.** Alimentos.org. 2013.

<http://alimentos.org.es/espinacas>.

2013/10/20

**3. ALIMENTOS DE GUADALAJARA.** Coagral. 2013.

<http://www.alimentosdeguadalajara.com/tabid/1309/articleType/ArticleView/articleId/99/Alimentos-Funcionales.aspx>.

2013/11/10.

**4. AMBIENTUM.** Isabel Marín. 2010.

<http://www.ambientum.com/2010/abril/valorizacion-residuos-industriales-tomate.asp>.

2013/10/16

**5. ARANCETA, Javier; LÓPEZ, María.** Alimentos funcionales y regularidad intestinal. El papel de la fibra. (Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales), Volumen 1. N°1. (España), 51 – 67. 2011.

**6. ARANCETA, Javier; SERRA, Lluís.** Alimentos funcionales. (Guía de alimentos funcionales), Volumen 1. N°1. (España), 6 – 11. 2003.

**7. ATEHORTUA, L.; JARAMILLO, J.** El Poder de los vegetales., Bogotá –Colombia. Produmedios. 2002, 60 p.

**8. BARRETO, Hernán.** Efecto del procesamiento de alimentos de origen vegetal en el valor nutritivo. (Simposio de educación para el hogar), Volumen 1. N°1. (Perú), 1 – 11. Febrero 1967.

**9. BARRIONUEVO, María.** Elaboración y Evaluación Nutricional de Galletas con Cebada y Frutilla Deshidratada. (Tesis) (Bioquímico Farmacéutico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba – Ecuador. 2011, 110 p.

**10. BENALCÁZAR Luis.** Plan estratégico para la entrega domiciliaria de productos orgánicos en un sector de la ciudad de Quito. (Tesis) (Master en Administración de Empresas). Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Escuela de Administración de Empresas. Quito – Ecuador. 2009, 98 p.

**11. BILDSTEIN, Marie; y otros.** Manual de compuestos bioactivos a partir de residuos del procesado del tomate. (BIOACTIVE – NET), Volumen 1. N°1. (España), 9 – 11, 24 – 27. Noviembre 2006.

**12. CALAVERAS, Jesús.** Nuevo tratado de panificación y bollería., Madrid – España. Mundi Prensa Libros. 2004, 355, 241.

**13. CEBALLOS, Nelson; y otros.** Evaluación del contenido de antioxidantes en introducciones de tomate tipo cereza. (Redalyc), Volumen 61. N°3. (Colombia), 233. 2012.

**14. CULTURIZANDO.** Culturizando.com. 2012.

<http://www.culturizando.com/2012/11/10-beneficios-de-las-espinacas.html>.

2013/10/16.

**15. CHABUR, María.** Identificación de razas y estudio preliminar de la diversidad genética de *Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae* agente causal del mildew veloso en cultivos de espinaca en la sabana de Bogotá. (Tesis) (Microbiólogo Agrícola y Veterinario). Pontificia

Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Escuela de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá – Colombia. 2008, 4, 5.

**16. ELCOMERCIO.** El Comercio. 2011.

[http://www.elcomercio.com/agromar/variedades-tomate-rinon-mercados-locales\\_0\\_442755750.html](http://www.elcomercio.com/agromar/variedades-tomate-rinon-mercados-locales_0_442755750.html).

2014/01/14.

**17. EL HOY.** El hoy. 2012.

<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/el-tomate-uno-de-los-frutos-infaltables-en-la-mesa-de-los-ecuatorianos-542038.html>.

2014/01/14.

**18. ESTADÍSTICA INFERENCIAL.** Juan Hernández. 2014.

<http://estadisticajujo.weebly.com/prueba-de-tukey.html>

2014/07/29

**19. EUFIC.** European Food Information Council. 2005.

<http://www.eufic.org/article/es/nutricion/fibra/artid/fibra-alimentaria-funcion-dieta-sana/>.

2013/10/16

**20. EXPOTECHUSA.** Expotechusa. 2013.

<http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/SPFIBCUD.PDF>.

2013/09/27.

**21. FAO.** Food and Agriculture Organization. 2013.

<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/AB489S01.htm>.

2013/09/27

**22. FAO.** Food and Agriculture Organization. 2013.



<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/AB489S03.htm>.

2013/09/26

**23. FAO/OMS.** Fibra dietaria. (Los carbohidratos en la nutrición humana), Volumen 1. N°66. (Italia), 87. 1999.

**24. Fiset, José; BLAIS Éric.** El libro del pan., Barcelona – España. Bonvivant. 2007, 14 – 19.

**25. FITO, Pedro; y otros.** Introducción al secado de alimentos por aire caliente., Valencia – España. Universidad Politécnica de Valencia. 2001, 14.

**26. FONES, John.** Plagas y enfermedades del tomate., Madrid – España. Mundi-Prensa. 2001, 100 p.

**27. GALLEGOS, Janeth.** Manual de Prácticas de Microbiología de Alimentos., Riobamba – Ecuador. Docu-Centro Soluciones Integrales. 2003, 14 – 16, 33 – 35, 45 – 46.

**28. GIL, Ángel.** Tratado de nutrición. 2° edición, Madrid – España. Panamericana. 2010, 235 – 242.

**29. GONZÁLES, Inés.** Alimentos funcionales, en su justa medida y sentido común. (Dialnet), Volumen 1. N°251. (España), 40 – 43. 2006.

**30. HANDLE.** Periago Castón. 2001.

<http://hdl.handle.net/10201/574>

2013/10/20

**31. HERNÁNDEZ, Gil.** Libro blanco del pan., Madrid – España. Panamericana. 2010, 15 – 17.

**32. HUARACA, Patricia.** Estudio investigativo de la espinaca, cultivo, producción, explotación, análisis de sus propiedades nutricionales y creación de nuevas recetas culinarias. (Tesis) (Administrador Gastronómico). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Escuela de Gastronomía. Quito – Ecuador. 2010, 11.

**33. INDCARSA.** Industrias Cardon. 2013.

<http://www.indcarsa.com/adjuntos/GOLDFISLABCONCO.pdf>.

2013/09/17.

**34. MEDLINEPLUS.** Medlineplus. 2013.

[http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/19531.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/19531.htm).

2013/10/16.

**35. MENSHEALTH.** Antonio Ortí. 2008.

<http://www.menshealth.es/nutricion/articulo/Mas-vitaminas-comiendo-lo-mismo>.

2013/10/16.

**36. MESAS, J.; ALEGRE, M.** El pan y su proceso de elaboración. (Redalyc), Volumen 3. N°5. (España), 307 – 313. 2002.

**37. MUÑOZ, Fernando.** Plantas medicinales y aromáticas., Madrid – España. Mundi-Prensa. 1996, 312.

**38. PAMPLONA, Jorge.** El poder medicinal de los alimentos., Buenos Aires – Argentina. ACES. 2004, 264 – 267.

**39. PAMPLONA, Jorge.** Placer y salud en su mesa., Buenos Aires – Argentina. ACES. 2004, 46 – 47.

**40. PASCUAL, María; CALDERON, Vicente.** Microbiología alimentaria. 2° edición, Madrid – España. Díaz de Santos. 2000, 2.

**41. PERIAGO, María; y otros.** Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. (Anales de veterinaria de Murcia), Volumen 17. N°51. (España), 61 – 52. 2001.

**42. PLANTAS PARA CURAR.** Sebastián Olguín. 2010.

<http://www.plantasparacurar.com/propiedades-medicinales-de-la-espina/>.

2013/10/20

**43. PRIETO, Pedro; VILLASEÑOR, Samantha.** Fibra. (Dieta y Salud), Volumen 1. N°1. (México), 5 – 7. 2009.

**44. PYMESLACTEAS.** Pymeslacteas. 2013.

<http://www.pymeslacteas.com.ar/userfiles/image/4902Evaluacion%20sensorial>.

2013/11/10.

**45. ROMERO, María; y otros.** Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío., Bogotá – Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Toledo Lozano. 2003, 132.

**46. ROSS, Sheldon.** Introducción a la Estadística. 2° edición, Barcelona – España. Reverté. 2007, 495.

**47. RUIZ, Juan.** Problemas de Laboratorio Químico y Farmacéutico., Madrid – España. Harcourt Brace. 1997, 194 – 198.

**48. SANCHO, Josep; y otros.** Introducción al análisis sensorial de los alimentos. 2° edición, Méjico – Méjico. Alfaomega. 2002. 145 – 146, 257 – 260.

**49. SOLAGRO.** Solución para el Agro. 2006.

<http://www.solagro.com.ec/cultdet.php?vcultivo=Tomate>.

2014/01/14.

**50. UNIVERSIA.** Universidad Autónoma de México. 2013.

[http://universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos\\_6501.pdf](http://universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf).

2013/09/27.

**51. UNIVERSIDAD DE CÓRDOVA.** Universidad de Córdoba. 2003.

<http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf>.

2014/01/28

**52. VINCENT, María; y otros.** Química Industrial Orgánica., Valencia – España. Universidad Politécnica de Valencia. 2006, 51 – 54.

**53. WALISZEWSKI, Krzysztof; y BLASCO, Gabriela.** Propiedades nutracéuticas del licopeno. (Salud Pública de México), Volumen 52. N°3. (México), 1 – 11. 2010.

**54. ZONADIET.** Marcela Licata. 2013.

<http://www.zonadiet.com/comida/espinaca.htm>.

2013/10/16.

## CAPÍTULO V

### 6. ANEXOS

#### ANEXO 1 TEST DE DEGUSTACIÓN CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS SENSORIAL

#### ANÁLISIS SENSORIAL CORRESPONDIENTE AL PROYECTO DE TESIS, “ELABORACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE PAN ENRIQUECIDO CON FIBRA DE CUTÍCULA DE TOMATE (*Solanum Lycopersicum*) Y ESPINACA (*Spinacia Oleracea*)”.

**Nombre:**..... **Fecha:**.....

La información proporcionada será utilizada para conocer el grado de aceptación del producto en los consumidores.

***Instrucciones:** Después de degustar la muestra que se le proporcionará llene el recuadro correspondiente, en la primera fila escoger el parámetro de la escala hedónica y en la segunda fila la característica según sea su elección para cada propiedad.*

**Tipo:** Valoración

**Método:** Escala hedónica verbal

a) Parámetros de la escala hedónica

1 = Me disgusta mucho

2 = Me disgusta ligeramente

3 = No me gusta ni me disgusta

4 = Me gusta levemente

5 = No me gusta

### **Apariencia**

Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3

### **Color**

Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3

### **Olor**

Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3

### **Sabor**

Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3

### **Textura**

Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3

b) Como consumidor clasifique en orden ascendente (de mayor a menor) el producto según sea de su agrado.

Primero \_\_\_\_\_

Segundo \_\_\_\_\_

Tercero \_\_\_\_\_

ANEXO 2 ENSAYO DE PANIFICACIÓN INEN 530 1980-12

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS E INTERNAS DE UN PAN IDEAL

<b>Color de la corteza</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
Dorado 15 puntos			
Pálido 10 puntos			
Muy pálido 5 puntos			
Oscuro 0 puntos			
<b>Apariencia</b>			
Muy bueno 15 puntos			
Bueno 10 puntos			
Regular 5 puntos			
Malo 0 puntos			
<b>Sabor</b>			
Muy agradable 10 puntos			
Agradable 5 puntos			
Desagradable 0 puntos			
<b>Color de la miga</b>			
Bueno 10 puntos			
Regular 5 puntos			
Normal 0 puntos			
<b>Textura de la miga</b>			
Muy buena 30 puntos			
Buena 20 puntos			
Regular 10 puntos			
Mala 0 puntos			
<b>Grano de la miga.</b> De acuerdo con el tamaño, forma y distribución de los poros o estructuras de las celdillas de gas.			
Bueno 20 puntos			
Regular 10 puntos			
Malo 0 puntos			

**ANEXO 3 FOTOGRAFÍAS DE LA ELABORACIÓN DE PAN Y EVALUACIONES DE DEGUSTACIÓN**



**MEZCLADO DE LOS INGREDIENTES**



**Primera formulación**



**Segunda formulación**



**Tercera formulación**



**Formulación testigo**



**PESAJE DE LOS DEMÁS INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DE PAN**



**OBTENCIÓN DE LA MASA**



**Primera formulación**



**Segunda formulación**



**Tercera formulación**



**Formulación testigo**

## PAN TERMINADO

Primera formulación



Segunda formulación



Tercera formulación



Formulación testigo



Evaluación de degustación

ANEXO 4 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS PROXIMAL



# ANÁLISIS PROXIMAL

## Determinación de la humedad



## Determinación de cenizas



**Calcinación**

**Incineración**

## Determinación de proteína (Método de Kjeldahl)

## Etapa de digestión



## Etapa de destilación



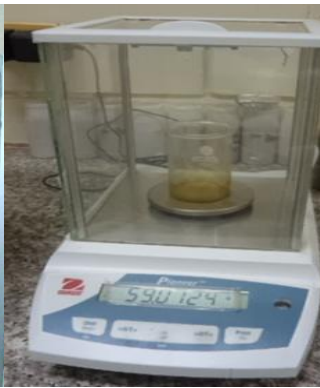


### Etapa de la titulación





## Determinacion de la Grasa (Goldfish)



## Determinación de la Fibra bruta



**Digestión ácida**

**Digestión alcalina**



**Preparación de crisol de Gooch**

**Equipo de filtración al vacío**

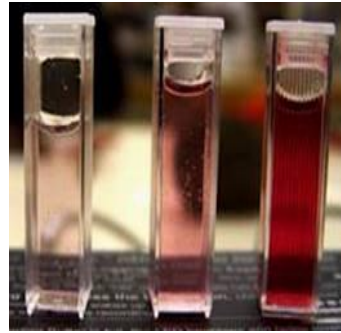


**Crisoles con las muestras ingresadas en la estufa a 105°C y su posterior introducción a la mufla a 600°C para su incineración.**

**ANEXO 5 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS COMPLEMENTARIO (CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO)**



**Espectrofotómetro**



**Cubetas con licopeno**

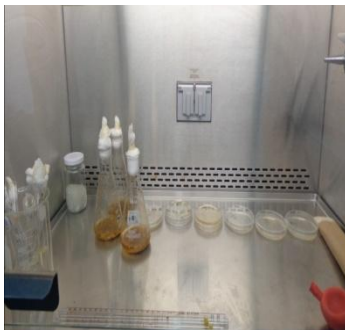
**ANEXO 6 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**



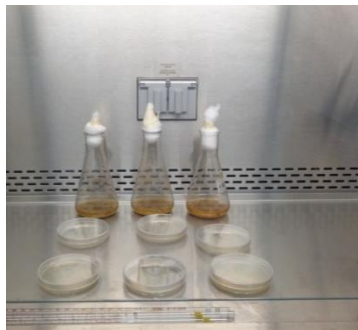
**Cámara de flujo laminar**



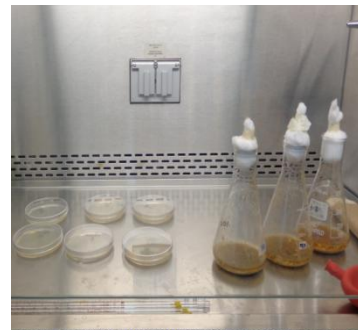
**Siembra en los medios de cultivo**



**Mesófilos aerobios**



**Hongos**



**Coliformes**