



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS**

TEMA:

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L) POR
HARINA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*) PARA LA ELABORACIÓN
DE GALLETAS DE DULCE**

AUTOR:

Hoover Javier Trujillo Torres

TUTOR:

Dr. Hugo Romero Bonilla, Mg. Sc.

MACHALA - EL ORO - ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de titulación “**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA TRIGO (*Triticum aestivum L*) POR HARINA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*) PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DE DULCE**”, realizado por el Sr. Hoover Javier Trujillo Torres, egresado de la escuela de Ingeniería en Alimentos, ha sido prolijamente dirigido y revisado, por lo tanto autorizo su presentación previo a la obtención del título de ingenieros en alimentos.

Dr. Hugo Ítalo Romero Bonilla, Mg. Sc.

TUTOR

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA

Hoover Javier Trujillo Torres, con cédula de ciudadanía 070474598-3, egresado de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del Presente Trabajo de Titulación titulado, **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA TRIGO (*Triticum aestivum* L) POR HARINA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*) PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DE DULCE”**, Certifico que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría; una vez que ha sido aprobada por mi Tribunal de Sustentación autorizando su presentación. Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de Autor a la Universidad Técnica de Machala para ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

Hoover Javier Trujillo Torres

C.I. 0704745983-3

AUTOR

RESPONSABILIDAD

El presente trabajo de investigación: resultados, conclusiones y recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva del autor.

Hoover Javier Trujillo Torres

C.I. 0704745983-3

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido la culminación de mi carrera profesional con éxito.

Con todo cariño a mis padres Manfredi y Flor, a mis hermanos, porque en ellos encontré paciencia apoyo incondicional, comprensión, en especial a mi hermana Judith, para así poder alcanzar con una de mis mayores metas trazadas durante mi vida estudiantil.

Hoover Javier Trujillo Torres

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, a mis padres y a toda mi querida familia, por haberme permitido y ayudado a desarrollar el presente trabajo de investigación.

Mi sincero agradecimiento a la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud que me formó como profesional, a nuestros profesores por entregarnos sus conocimientos, paciencia y comprensión que forjaron un espíritu de esfuerzo motivándome a alcanzar la meta propuesta.

EL AUTOR

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*), para elaboración de galletas de dulce. Este tubérculo es considerada como un cultivo promisorio con una amplia variedad de aplicaciones especialmente en el campo alimentario, su deficiencia en gluten, lo hace consumible por personas que padecen de la enfermedad conocida como celiacía o intolerancia al gluten, rico en sólidos totales entre 30-40 % y hasta un 1 % de proteínas y 0,8 – 1 % de fibras naturales las cuales ayudan a la limpieza del tracto digestivo.

Los ensayos de panificación se realizaron con base a una formulación estándar de galletas común, el experimento consistió en variar el porcentaje de sustitución de harina de papa china por harina de trigo en 20, 25 y 30 %, a estas harinas compuestas se les realizó el análisis reológico tal es el caso de la formulación 1 alcanza las 46 unidades farinográficas, mientras que la formulación 2 y 3 alcanzan el 54 y 55 respectivamente, el análisis de varianza nos indica de la formulación 1 difiere significativamente ($p < 0,05$) de la formulación 2 y 3, y las formulaciones 2 y 3 son estadísticamente iguales. Las etapas de la elaboración galleta fueron: pesado, mezclado de las harinas, amasado, leudación, moldeado, horneado y empaque, a estos tres productos resultantes fueron sometidos a evaluación sensorial por 50 jueces semientrenados para determinar el grado de aceptación y definir la formulación ganadora. La formulación que alcanza los porcentajes más altos de aceptaciones en sus 4 características organolépticas (Color, olor, sabor y textura) en la galleta elaborada a partir de la masa de harina compuestas al 25 % (papa china –trigo) es la formulación 2. La formulación 2 (90%) difiere en un 40 % de la formulación 1 y 20 % de la 2 en la evaluación de color, con respecto al olor la formulación 2(100) difiere en un 10 % de la F1 y 30 % de la F3, en el sabor la F2 (90%) difiere en un 20 % de la F1 y 50 % de la F3, y en la textura la formulación 2 (90%) difiere en un 40 % de la F1 y 80 % de la F3. En conclusión si es posible la sustitución parcial de harina de trigo por harina de papa china en un 25 %, lo cual no afecta sus características organolépticas.

Palabras claves: Papa china, Gluten, Celiaca, Galletas, Sensorial

SUMMARY

The objective of this research was partially replace wheat flour potato flour Chinese (*Colocasia esculenta*) to make cookies fresh. This tuber is considered as a promising crop with a wide variety of applications especially in the food sector, its deficiency in gluten, it does consumable by people suffering from the condition known as celiac disease or gluten intolerance, rich in total solids between 30- 40% and up to 1% protein and 0.8 to 1% natural fibers which help clean the digestive tract.

The baking trials were conducted based on a standard formulation of common biscuits, the experiment was to vary the percentage of substitution of flour Chinese potatoes for wheat flour in 20, 25 and 30%, these composite flours was performed them rheological analysis as in the case of the formulation 1 alcanza farinographic 46 units, while the formulation 2 and 3 reach 54 and 55 respectively, the variance analysis tells us of formulation 1 differed significantly ($p < 0.05$) formulation 2 and 3, and formulations 2 and 3 are statistically equal. Stages Cookie development were heavy, mixing flour, kneading, leudación forming, baking and packing these three resulting products were subjected to sensory evaluation by 50 judges semi-trained to determine the degree of acceptance and define the winning formulation . The formulation that achieves the highest percentage of acceptances in its 4 organoleptic characteristics (color, odor, flavor and texture) on cookie made from flour dough made 25% (Chinese potato-wheat) is formulation 2. Formulation 2 (90%) differs by 40% of the 20% formulation 1 and 2 on the color evaluation, regarding odor formulation 2 (100) differs by 10% and of 30% F1 F3, F2 in taste (90%) differs by 20% to 50% F1 and F3, and texture formulation 2 (90%) differs by 40% and of 80% F1 F3. In conclusion if the partial substitution of wheat flour by Chinese potato flour 25% is possible, which does not affect its organoleptic characteristics.

Keywords: china, Gluten, Celiac, Cookies, Sensory Pope

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORIA.....	iii
RESPONSABILIDAD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
ÍNDICE.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
VARIABLES	4
Variable dependiente.....	4
Variable Independiente.....	4
HIPÓTESIS.....	4
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. La Papa China (<i>Colocasia esculenta</i>)	5
1.1.1. Valor Nutritivo.....	6
1.1.2. Usos de la Papa China	7
1.1.3. Elaboración de Harina de Papa China	9
1.2. EL TRIGO (<i>Triticum spp</i>).....	10
1.2.1. Factores de Calidad	10
1.2.2. Aditivos Alimentarios	11
1.2.3. Tipos de Trigos	12
1.2.4. <i>Triticum compactum</i>	12
1.3. CALIDAD REOLÓGICA DE LAS HARINAS DE TRIGO	13
1.3.1. Proteínas	13
1.3.2. Gluten.....	13

1.3.3. Índice de Sedimentación o de Zeleny	14
1.4. GALLETAS.....	14
1.4.1. Componentes Básicos de la Galleta	15
1.4.1.1. <i>Harina</i>	15
1.4.1.2. <i>Azúcares</i>	17
1.4.1.3. <i>Grasas</i>	18
1.4.1.4. <i>Agua</i>	19
1.5. COMPONENTES MEJORANTES DE LA GALLETA.....	20
1.5.1. Bisulfito Sódico o Metabisulfito	20
1.5.2. Lecitina	20
1.5.3. Bicarbonatos	21
1.5.4. Sal Común.....	21
1.5.5. Salvado	21
1.6. TÉCNICAS DE ELABORACIÓN DE GALLETAS.....	22
1.6.1. Tecnología Laminada.....	22
1.7.1. Mixógrafo	23
2. METODOLOGÍA.....	25
2.1. MÉTODOS.....	25
2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE PANIFICACIÓN DE LAS HARINAS COMPUESTAS TRIGO-PAPA CHINA	26
2.3. Trabajo de Campo.	30
2.3.1. Localización.	30
2.3.2. Toma de muestra para la elaboración de la Harina de Papa China.	30
2.3.3. Recursos Empleados.	30
2.3.4. Materiales.	31
2.3.5. Equipos.....	32
2.3.6. Reactivos.	32
2.4. MÉTODOS ANALÍTICOS.....	34
2.5. ANÁLISIS SENSORIAL	34
2.5.1. Propósito del Análisis.	34
2.5.2. Selección del Tipo y Número de Panelistas.....	35
2.5.3. Selección de las características de calidad a evaluar.	35
2.5.4. Selección del tipo de prueba aplicada.	35
2.5.5. Diseño del Cuestionario de Evaluación y Método de Calificación.	36

2.6.1. Determinación de Materia Seca.....	36
2.6.2. Determinación de Azúcares Reductores.....	36
2.6.3. Determinación de Proteína.....	36
2.6.4. Determinación de Fibra Cruda.....	36
2.6.5. Determinación de Extracto Etéreo.....	37
2.6.6. Determinación de Cenizas.....	37
2.6.7. Determinación de Mohos y Levaduras.....	37
3. RESULTADOS.....	38
3.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LA PAPA CHINA.....	38
3.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES Y SOMETER A EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LAS HARINAS COMPUESTAS.....	39
3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GALLETAS PREPARADAS CON LOS TRES % DE SUSTITUCIÓN (20, 25 Y 30 %).....	48
3.4. EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO GANADOR EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL.....	51
4. CONCLUSIONES.....	53
5. RECOMENDACIONES.....	55
6. BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	59

INTRODUCCIÓN

En la región sierra del Ecuador se cultiva 5000 hectáreas de trigo, que no satisfacen la demanda actual del país, debido a eso se empezó a importar trigo para la elaboración de sus productos derivados. Según el INIAP se registró el precio de la tonelada de trigo en 340 dólares y en el año anterior se registró en 243 dólares por tonelada métrica (Rodríguez, 2007).

En abril del 2012 la producción de papa china estuvo a 1,54 dólares por caja de 10 libras, y se presentaría como una alternativa viable para la producción de productos que serían elaborados a partir de harina de trigo y harina malanga por su bajo costo en comparación con el trigo; esta fusión abarataría en gran porcentaje los costos de venta y producción de productos a base de harina de trigo y harina de malanga, además de reducir considerablemente la necesidad de importación de trigo para su uso en productos de panificación y derivados (MAGAP, 2013).

La papa china (*Colocasia esculenta*), es considerada una de las especies de tubérculos con gran potencial en las zonas tropicales del Ecuador. Este tubérculo es rico en carbohidratos y sales minerales y vitaminas hacen que este alimento tenga un valor nutritivo alto y alta digestibilidad, es muy adaptable y está disponible todo el año lo que ayuda a contribuir con la creación de subproductos que sean para el consumo humano y crean alternativas de una mejor alimentación.

El presente trabajo de investigación establece el proceso para obtener una harina de papa china destinada a formar parte de una mezcla de tres porcentajes de sustitución (20, 25, y 30 %) y de esta forma fomentar los hábitos alimenticios con productos autóctonos de nuestra región, por tales motivos he desarrollado la siguiente investigación: SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA TRIGO (*Triticum aestivum L*) POR HARINA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*) PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS DE DULCE. La cual permitirá que el sector dedicado a la panificación pueda realizar sustituciones parciales de hasta un 25 % en sus mezclas y de esta forma ahorrar en los costos de materia prima; ya que es posible obtener la harina de papa china a menor precio que la harina de trigo.

PROBLEMA

El sector alimentario del Ecuador necesita desarrollar nuevas tecnologías que le permitan obtener alimentos en cuyo proceso de elaboración no implique la utilización de productos importados que encarezcan el precio de los alimentos y de esta manera afecte la soberanía alimentaria de nuestro país. La sustitución parcial de harina de trigo por harina de papa china implica abaratar costos esta harina resulta más económica que la harina de trigo, por ser una materia prima que no necesita de mucho cuidado durante su producción.

En la actualidad se utilizan diversas técnicas de sustitución de harina de trigo (harina de arroz, quinua etc.), para la elaboración de galletas, pero según la revisión de literatura se ha llegado a concluir que la papa china posee propiedades químicas favorables como, proteínas y carbohidratos para la elaboración de harina que puede sustituir en un alto porcentaje a la harina de trigo, además este producto será apto para el consumo de personas celiacas (intolerancia al gluten). Sin embargo, determinar en qué porcentaje es el adecuado para la sustitución es el principal objetivo de la presente investigación. En esta investigación se disminuye la cantidad de harina de trigo usualmente usada en la elaboración de galletas (de dulce) lo cual generaría más utilidad al sector panadero, ya que se abarataría el costo de la principal materia prima y resultarían más unidades de galletas por la misma cantidad de materia prima (trigo-papa china).

JUSTIFICACIÓN

Se aspira a través de esta investigación, poner a disposición del sector panadero de la Provincia de el Oro, una técnica para elaborar galletas, tratando de mantener los atributos sensoriales del producto, propiedades físico químicas y organolépticas, y fomentar de esta forma el cultivo y la elaboración de harina de papa china en la Provincia de el Oro, diversificando el monocultivo de banano.

Las harinas compuestas (trigo-papa china) tiene un mayor contenido de fibra, almidón y azúcares reductores que la harina de trigo, lo cual aumenta la absorción de agua. El índice de tolerancia resulta mayor; su estabilidad disminuye al aumentar el nivel de sustitución y su tenacidad aumenta como consecuencia de la mayor absorción de agua.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*), para elaboración de galletas de dulce.

Objetivos Específicos

- Evaluar las características bromatológicas de la papa china.
- Establecer las unidades experimentales y someter a evaluación de los parámetros reológicos de las harinas compuestas.
- Someter a evaluación sensorial de jueces semientrenados las unidades experimentales con las mejores características reológicas para elaborar galletas de dulce.
- Evaluar las características microbiológicas (mohos y levaduras) del producto ganador en la evaluación sensorial.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las características bromatológicas de la harina de papa china?

¿Cuál es el porcentaje de almidón de la harina de papa china?

¿Cuáles son las propiedades reológicas de los distintos porcentajes de sustitución de harina de papa china?

¿Qué características microbiológicas se debe realizar a la galleta para que cumplan con la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2085?

VARIABLES

Variable dependiente

Absorción de agua

Índice de fuerza de gluten

Índice de viscosidad

Variable Independiente

20 % de Sustitución

25 % de Sustitución

30 % de Sustitución

HIPÓTESIS

H_0 = Aplicando sustituciones parciales de la harina de trigo por harina de papa china en la elaboración de galletas de dulce **no** es posible obtener un producto con aceptables atributos sensoriales por parte de los consumidores.

H_1 = Aplicando sustituciones parciales de la harina de trigo por harina de papa china en la elaboración de galletas de dulce **es** posible obtener un producto con aceptables atributos sensoriales por parte de los consumidores.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. La Papa China (*Colocasia esculenta*)

La papa china (*Colocasia esculenta*), ha sido considerada como un cultivo promisorio con una amplia variedad de aplicaciones especialmente en el campo alimentario. Al no contener gluten, puede ser consumida sin problemas, por personas que tienen la enfermedad conocida como celiaquía o intolerancia al gluten, la convierte en un alimento muy atractivo para la canasta familiar, el alto contenido de materia seca fluctúa entre 30-40 % y hasta un 1 % de proteínas y 0,8 – 1 % de fibras naturales la cual es de suma importancia en la dieta diaria, ya que ayuda a la limpieza del tracto digestivo y lo diferencia de la mayoría de los alimentos de origen vegetal.

Figura 1. Planta y tubérculo de papa china



Fuente: (Caicedo y col., 2014).

Y la industrialización de la papa china ha tenido un incrementado en los últimos años tanto a nivel mundial como nacional tal como lo reflejan los estudios realizados sobre la producción de harina de papa china para consumo humano. Las harinas compuestas (trigo-papa china) tienen un mayor contenido de fibra y azúcares reductores que la harina de trigo, lo cual aumenta la absorción de agua y el contenido de azúcares disponibles en la fermentación.

El tiempo de desarrollo de las masas con harina compuesta fue, en promedio, la mitad del requerido para la harina de trigo, y el índice de tolerancia resultó mayor; su estabilidad disminuyó al aumentar el nivel de sustitución y su tenacidad aumentó como consecuencia de la mayor absorción de agua. El volumen específico de las galletas (de dulce) elaboradas con harinas compuestas resultaron mayor que los elaboradas solo con harina de trigo (Henaó y Aristizábal, 2009).

1.1.1. Valor Nutritivo

Cuando un cultivo es orientado a la alimentación, el valor nutritivo y la aceptación del consumidor son importantes. El valor nutritivo de un alimento depende de sus estándares nutritivos, de su digestibilidad y de la presencia o ausencia de antinutrientes y factores de toxicidad. Los cormos y cormelos son la parte económica importante del taro. De vez en cuando las hojas y pecíolos son también usados como alimento (Lee, 1999)

A continuación en la tabla 1 se presenta la composición nutricional de la papa china.

Tabla 1. Composición nutricional de la papa china

COMPOSICION	UNIDAD	CRUDO	COCINADO
Humedad	g	71,9	72
Proteína	g	1,7	1
Grasa	g	0,8	0,2
Carbohidratos	g	23,8	25,7
Fibra	g	0,6	0,4
Cenizas	g	1,2	0,7
Ca	g	22	26
P	g	72	32
Fe	mg-meg	0,9	0,6
Vitamina A Retinol	Mg	3	
Tiamina	Mg	0,12	0,08
Riboflavina	Mg	0,02	0,01
Niacina	Mg	0,6	0,4
Ácido Ascórbico	Mg	6	
Energía	Mg	33035	3392

Fuente: (CORPEI, 2013).

El principal alimento almacenado en la papa china son los carbohidratos, cuya fracción está compuesta como la muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Análisis fraccionario del contenido de hidratos de carbono en cormo de la papa china.

Componente	%
Almidón	77,9
Pentosa	2,6
Proteína cruda	1,4
Dextrina	0,5
Azucares reductores	0,5
Sacarosa	0,1

Fuente: (Coursey, 1968).

El almidón de la papa china consiste de 17-28 % de amilosa, mientras el resto es amilopectina.

La amilosa tiene 490 unidades de glucosa por molécula mientras la amilopectina tiene 22 unidades de glucosa por molécula. Los granos de almidón son muy pequeños y van en diámetro de 1 a 4 milimicras. Como resultado, el almidón del taro es muy rápidamente digerible cuando es usado para alimento (Onwueme, 1978).

Además de su alto contenido de almidón, el taro o papa china tiene un volumen alto de proteína y aminoácidos que otras raíces y tubérculos tropicales. El contenido de proteína del cormo de taro (aproximadamente 7 % en una base de peso seco) es ligeramente más alto que ñames, yuca, o patata dulce. La proteína tiene la mayoría de los amino-ácidos esenciales, pero es bastante bajo en histidina, lisina, isoleucina, triptofano y methionina (Onwueme, 1978 y Kay, 1987).

1.1.2. Usos de la Papa China

La papa china, es un alimento consumido en los países en vías de desarrollo de África, Indias Orientales, Asia y la región del Pacífico.

Los cormos generalmente se usan como la principal fuente de hidratos de carbono en las comidas, sin embargo en numerosos países se preparan bocadillos de papa china y estos pueden ser dulces o salados, suaves o crujientes. Los hawaianos tradicionalmente acostumbran a hacer “poi” de papa china (Lee, 1999).

El poi es un puré purpura-gris procesada, que se ha vuelto popular en Hawaii y Polinesia. Los cormos y cormelos de taro se cocen a presión, luego son lavados, pelados y se majan hasta una consistencia semi-fluida. El producto así es pasado a través de una serie de coladeras, la última tiene orificios de 0,5 mm de diámetro. Finalmente se pone en bolsas y se venden o se almacenan a temperatura baja en un cuarto. Durante el almacenamiento el producto sufre una fermentación debida a *Lactobacillus spp.* Durante la fermentación el producto se pone más ácido, el pH baja de 5,7 a 3,9. En ocasiones pueden agregarse productos de coco al “poi” fermentado antes de que se consuma (Onwueme, 1978).

La papa china juega un papel importante en la dieta de la población de Melanesia, Micronesia y Polinesia. El buen físico y dientes excelentes que las personas todavía poseen, testifican esta dieta adecuada (Lee, 1999).

En un estudio sobre ataque de caries entre habitantes de las Islas Manus de Melanesia, se hizo una comparación entre personas que comieron sólo taro y aquéllos que subsisten con sagú (*Metroxylon sp.*). Los comedores de este tubérculo tenían mejores arcos dentales y mostraron una incidencia más baja de infección aguda o sub aguda de las encías. Esto se atribuyó al volumen más alto de vitaminas del taro, simultáneamente se observó una mejora marcada en las condiciones dentales y una incidencia reducida de pulmonía, diarrea, enteritis, y beriberi entre los bebés nacidos en zonas de Hawaii, que fueron alimentados con poi y patata dulce (camote) en lugar de pan y arroz. En los últimos sesenta años, los investigadores han confirmado la superioridad del taro por encima de otros primordiales alimentos almidonados. Se ha estimado la digestibilidad del almidón de taro en 98,8 por ciento. El tamaño del grano de almidón de taro es una décima del de patata. Debido a su facilidad de asimilación, la papa china puede ser consumida por personas con problemas digestivos. Harina de papa china y otros productos se han usado extensivamente para formulaciones infantiles en los Estados Unidos y ha formado un importante constituyente de las propiedades de las comidas enlatadas para bebé.

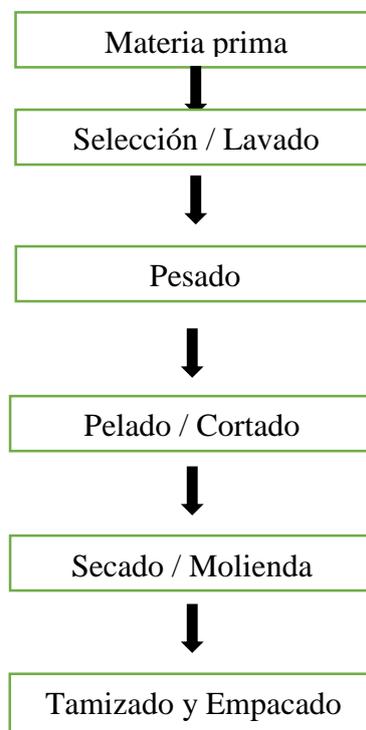
Este tubérculo es especialmente útil para las personas alérgicas a los cereales y puede ser consumido por niños que son sensibles (alérgicos) a la leche. La sensibilidad al taro ocurre con mucha menor frecuencia que hacia otros almidones (Lee, 1999).

1.1.3. Elaboración de Harina de Papa China

En la actualidad en la región no se conoce antecedentes de elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas de papa china, pituca, pijuayo y pan de árbol. Solamente se conoce el uso de harinas de soya, maíz y yuca para elaborar galletas saladas y dulces en forma artesanal.

A continuación en la figura 2 se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de harina de papa China.

Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de harinas de papa china



Fuente: (Reátegui y Maury, 2001).

1.2. EL TRIGO (*Triticum spp*)

El trigo es un cereal, cultivado como silvestre, que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo (Belderok, y col., 2000). La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales.

El trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, 4 y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios (Forero, 2000).

El «trigo» proviene del vocablo latino *Triticum*, que significa ‘quebrado’, ‘triturado’ o ‘trilado’, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cáscara que lo recubre. *Triticum* significa, por lo tanto, "(el grano) que es necesario trillar (para poder ser consumido)"; tal como el mijo deriva del latín *milium*, que significa "molido, molturado", o sea, "(el grano) que es necesario moler (para poder ser consumido)", por lo tanto el trigo (*Triticum spp*) es, una de las palabras más ancestrales para denominar a los cereales (las que se referían a su trituración o molturación). (Forero, 2000).

1.2.1. Factores de Calidad

La harina de trigo, así como todos los ingredientes que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano. La harina de trigo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.

La harina de trigo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos), en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

Contenido de humedad 15,5 % m/m máximo Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malteados con actividad enzimática, fabricado con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

1.2.2. Aditivos Alimentarios

A continuación en la tabla 3 se muestran los aditivos permitidos por el Codex Alimentarius para las harinas de las diferentes especies de trigo.

Tabla 3. Aditivos alimentarios de las harinas de trigo

Enzimas	Nivel máximo en el producto terminado
Amilasa fúngica de <i>Aspergillus niger</i>	BPF
Amilasa fúngica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
Enzima proteolítica de <i>Bacillus subtilis</i>	BPF
Enzima proteolítica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
Agentes para el tratamiento de las harinas	Nivel máximo en el producto terminado (mg/kg)
Ácido ascórbico L. y sus sales de sodio y potasio	300
Hidrocloruro de L.-cisteína	90
Dióxido de azufre (en harinas utilizadas únicamente para	200
Fosfato monocálcico	2500
Lecitina	2000
Cloro en tortas de alto porcentaje	2500
Dióxido de cloro para productos de	30
Peróxido benzoílico	60
Azodicarbonamida para pan con levadura	45

Fuente: (Codex Alimentarius, 2007).

1.2.3. Tipos de Trigos

A nivel general, el trigo se clasifica de acuerdo a la textura del endospermo, porque esta característica el grano está relacionada con su forma de fraccionarse en la molturación, la cual puede ser vítrea o harinosa, y de acuerdo a la riqueza proteica, porque las propiedades de la harina y su conveniencia para diferentes objetivos, están relacionadas con esta característica.

De esta manera, se pueden mencionar las variedades de trigo: *aestivum* (candeal), *aethiopicum*, *araraticum*, *boeoticum* (escaña silvestre), *carthlicum*, *compactum* (club), *dicoccoides* (escanda), *dicoccum* (farro), *durum*, *ispahanicum*, *karamyschevi*, macha, *militinae*, *monococcum* (escaña cultivada), *polonicum* (polaco), *repens*, *spelta* (espelta), *sphaerococcum*, *timopheevi*, *turanicum*, *turgidum*, *urartu*, *vavilovi* y *zhukovskyi*. Los trigos *monococcum*, *dicoccum* y *spelta* son vestidos, es decir, el lema y pálea forman una cubierta que permanece unida al grano después de la trila.

Los trigos más importantes para el comercio son el *Triticum durum* (utilizado principalmente para pastas y macarrones), el *Triticum aestivum* (utilizado para elaborar pan) y el *Triticum compactum* (se utiliza para hacer galletas) (Forero, 2000).

1.2.4. *Triticum compactum*

El *Triticum compactum* (trigo club) también conocido como trigo racimoso, es una especie común del cereal *Triticum* (trigo). Pertenece a los hexaploides debido a su conformación por 21 cromosomas.

Es una de las especies con menor valor nutritivo ya que tiene un bajo contenido de gluten y está conformado de un 7 a un 10 % de proteína. Se caracteriza porque presenta una espiga especialmente corta, en épocas antiguas era utilizado para la elaboración de pan, pero actualmente se emplea principalmente para hacer galletas (Codex Alimentarius, 2007).

1.3. CALIDAD REOLÓGICA DE LAS HARINAS DE TRIGO

1.3.1. Proteínas

La proteína es considerada un componente de gran transcendencia nutricional por su calidad y cantidad dependerá la calidad panadera de la harina.

En cuanto a su determinación se cuantifica el nitrógeno total presente en la muestra y se multiplica por 5,7 que es el factor de conversión de proteínas en cereales. Este análisis se basa en el método Kjeldahl que realiza una combustión de los compuestos nitrogenados orgánicos, tipo aminado, por acción del ácido sulfúrico concentrado. La legislación española exige un mínimo del 9 % para las harinas panificables (Ferrerías, 2009).

1.3.2. Gluten

Está constituido por dos fracciones de proteínas del trigo insolubles en agua, denominadas gluteninas y gliadinas y que representan el 85 % del total de las proteínas. El gluten está reconocido como un factor básico de calidad de la harina de trigo.

El gluten se extrae de la harina sometiéndola a una corriente de agua salada que arrastra el almidón presente y a las proteínas solubles.

De esta manera se forma un complejo proteínico, denominado gluten húmedo, que tiene aspecto gomoso y que es el responsable de las propiedades plásticas de la harina. La extracción del gluten puede hacerse de manera manual o automática. Manualmente se obtienen valores más elevados (Ferrerías, 2009).

1.3.3. Índice de Sedimentación o de Zeleny

Esta determinación nos da información sobre la calidad y la cantidad de las proteínas. Se basa en la diferente velocidad de hidratación de las proteínas del gluten en función de su calidad. El esponjamiento del gluten en solución de ácido láctico afecta al grado de sedimentación de una suspensión de harina.

Así, una sedimentación muy rápida indica que el gluten formado es de poca calidad, mientras que una sedimentación lenta y con mayor esponjamiento indica un gluten de mejor calidad. Lo que en realidad se mide es el volumen de sedimento obtenido en una probeta estándar, de una cantidad de harina puesta en suspensión en ácido láctico y alcohol isopropílico. El resultado se expresa en mililitros.

1.4. GALLETAS

Las galletas (del francés *galette*) son en realidad productos de bollería/pastelería por su composición y forma de elaboración, pero por su peso en la alimentación y la gran variedad de productos que abarcan se consideran una categoría independiente, diferenciándose fundamentalmente de los otros dos tipos por su bajo contenido en agua.

Una galleta es un pastel horneado, hecho con una pasta a base de harina, agua, grasa y huevos.

Es uno de los productos más consumidos por la población mundial y constituye un alimento tradicional cuya elaboración se ha llevado a cabo de manera artesanal durante mucho tiempo. Las galletas, según la norma que las regula, son “los productos alimenticios elaborados, fundamentalmente por una mezcla de harina, grasas comestibles y agua, adicionada o no de azúcares y otros productos alimenticios o alimentarios (aditivos, aromas, condimentos, especias, etc.), sometida a proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua”. La variante de trigo utilizada para la elaboración de este producto es el *Triticum aestivum*, que da como resultado una harina más débil, con un gluten incapaz de almacenar CO₂ y aumentar el volumen.

Sin embargo, es mucho más extensible, lo que permite proporcionar diversas formas a las galletas. El azúcar utilizado es la sacarosa, un disacárido no reductor que proporciona el sabor dulce al alimento.

Se pueden añadir jarabes de sacarosa o almidón para endulzar más y para favorecer las reacciones de Maillard, tostando así la capa superficial del producto. Las galletas con más cantidad de grasa deben protegerse de la luz debido a su fácil oxidación, ya que ésta puede enranciar el producto (lo que se aminora añadiendo grasas trans). Por último, se suele añadir leche en polvo y sal para potenciar el gusto y agentes esponjosos como las sales inorgánicas para expandirlo (Inutcam, 2008).

1.4.1. Componentes Básicos de la Galleta

1.4.1.1. Harina

Las harinas blandas son indispensables para la elaboración de galletas, estas harinas se obtienen normalmente a partir de los trigos blandos de invierno cultivados en Europa.

Su contenido proteico es normalmente inferior al 10 %. La masa que se obtiene es menos elástica y menos resistente al estiramiento que la masa obtenida con harina fuerte (más del 10 % de proteínas). Las proteínas del gluten pueden separarse en función de su solubilidad. Las más solubles son las gliadinas, que constituyen aproximadamente la tercera parte del gluten y contribuye a la cohesión y elasticidad de la masa, masa más blanda y más fluida. Las dos terceras partes restantes son las gluteninas, contribuyen a la extensibilidad, masa más fuerte y firme (Duncan, 1989) .

Al añadir agua a la harina se forma una masa a medida que se van hidratando las proteínas del gluten. Parte del agua es retenida por los gránulos rotos de almidón. Cuando se mezcla y se amasa la harina hidratada, las proteínas del gluten se orientan, se alinean y se despliegan parcialmente.

Esto potencia las interacciones hidrofóbicas y la formación de enlaces cruzados disulfuros a través de reacciones de intercambio de disulfuro. Se establece así una red proteica tridimensional, viscoelástica, al transformarse las partículas de gluten iniciales en membranas delgadas que retienen los gránulos de almidón y el resto de los componentes de la harina (Owen, 1996).

Las uniones entre las cadenas de glutenina se establecen a través de diferentes tipos de enlace, puentes disulfuro, enlaces entre los hidrógenos de los abundantes grupos amido de la glutamina, probablemente el más importante, pero también desempeñan un papel importante los enlaces iónicos y las interacciones hidrófobas. Si las galletas se hacen con una harina muy dura, resultan duras, más que crujientes y tienden a encogerse de forma irregular tras el moldeo. Estos problemas hacen necesario un estrecho control de las propiedades de la harina en la industria galletera. Una buena masa es aquella que puede incorporar una gran cantidad de gas, y retenerlo, conforme la proteína se acomoda durante la cocción de la galleta. Para la obtención de la masa también se necesita un trabajo mecánico (amasado). Durante el desarrollo de la masa las gigantes moléculas de glutenina son estiradas en cadenas lineales, que interaccionan para formar láminas elásticas alrededor de las burbujas de aire. Las tensiones mecánicas son suficientes para romper temporalmente los enlaces de hidrógeno, que son de gran importancia para el mantenimiento de la unión de las distintas proteínas del gluten. Bajo las tensiones mecánicas, las reacciones de intercambio entre grupos sulfhidrilo vecinos permiten que las subunidades de glutenina adopten posiciones más extendidas.

Estas reacciones de intercambio requieren la presencia de compuestos de bajo peso molecular con grupos sulfhidrilo, como el glutatión, presente en la harina en suficiente cantidad (10-50 mg por kg de harina) en tres formas: La forma libre (GSH), el dímero oxidado (GSSG) y el unido a la molécula de proteína (Coulate, 2007).

En la Tabla 4 se detallan las características más importantes que ha de tener una harina galletera, la cual ha de ser muy extensible para procesos sin fermentación.

Tabla 4. Valores característicos de la harina galletera

Parámetros	Valores
P: tenacidad ^a	30/35 (tenacidad limitada)
L: extensibilidad ^b	130/150 (muy extensible)
W: Fuerza ^c	105/90 (Floja)
P/L: equilibrio ^d	0,10/0,30 (Trigos flojos)
Degradación ^e	<10 %

Fuente: (Calaveras, 2004).

- a) Mide la resistencia que opone la masa a la rotura.
- b) Mide la capacidad de la masa para ser estirada indicando su elasticidad.
- c) Indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por el aire hasta su rotura.
- d) indica la relación entre la tenacidad y la extensibilidad, indica el destino más adecuado para la harina (panadería, galletería...).
- e) Indica la pérdida de las cualidades plásticas y expresa el debilitamiento de la masa durante el reposo.

1.4.1.2. Azúcares

Los azúcares en su estado cristalino contribuyen decisivamente sobre el aspecto y la textura de las galletas. Además, los jarabes de los azúcares reductores también van a controlar la textura de las galletas. La fijación de agua por los azúcares y polisacáridos tiene una contribución decisiva sobre las propiedades de las galletas. La adición de azúcar a la receta reduce la viscosidad de la masa y el tiempo de relajación. Promueve la longitud de las galletas y reduce su grosor y peso.

Las galletas ricas en azúcar se caracterizan por una estructura altamente cohesiva y una textura crujiente (Zoulikha, y col., 1989), El jarabe de glucosa (procedente del almidón) presenta una alta resistencia a la cristalización, aprovechándose para retener la humedad en las galletas (Coultate, 1984). Durante la cocción, los azúcares reductores controlan la intensidad de la reacción de Maillard que produce coloraciones morenas en la superficie (Duncan, 1989).

La reacción de Maillard se produce en presencia de aminoácidos, péptidos y proteínas, cuando se calientan en una disolución de azúcar reductor en atmósfera seca, con una actividad de agua de entre 0,6 y 0,9. En la primera fase de la reacción se unen los azúcares y los aminoácidos produciendo la reestructuración de productos Amadori. En la segunda fase se da la formación inicial de colores amarillentos, también se producen olores algo desagradables. Los azúcares se deshidratan a reductonas o dehidrorreductonas y tras esto se obtiene la fragmentación, que genera la formación de pigmentos oscuros en la tercera etapa, denominados melanoidinas; este mecanismo no es completamente conocido e implica la polimerización de muchos pigmentos formados en la segunda fase.

Finalmente, tiene lugar a degradación de Strecker, en esta fase se forman los denominados aldehídos de strecker que son compuestos con bajo peso molecular que son detectados fácilmente por el olfato. La intensidad de la reacción de Maillard es mayor a pH alcalino y los inhibidores de esta reacción son los sulfitos, los metabisulfitos, los bisulfitos y el anhídrido sulfuroso, estos inhibidores actúan en la etapa de inducción retardando la aparición de productos coloreados, pero no evitan la pérdida del valor biológico de los aminoácidos (Coultate, 2007).

1.4.1.3. Grasas

Las grasas ocupan el tercer puesto en importancia dentro de los componentes de la industria galletera después de la harina y el azúcar. Las grasas desempeñan una misión antiglutinante en las masas, contribuyen a su plasticidad y su adición suaviza la masa y actúa como lubricante. Además, las grasas juegan un papel importante en la textura de las galletas, ya que las galletas resultan menos duras de lo que serían sin ellas. La grasa contribuye, igualmente, a un aumento de la longitud y una reducción en grosor y peso de las galletas, que se caracterizan por una estructura fragmentable, fácil de romper (Coultate, 1984).

Durante el amasado hay una competencia por la superficie de la harina, entre la fase acuosa y la grasa.

El agua o disolución azucarada, interacciona con la proteína de la harina para crear el gluten que forma una red cohesiva y extensible.

La grasa rodea los gránulos de proteína y almidón, rompiendo así la continuidad de la estructura de proteína y almidón (Sudha y col., 2007).

Cuando algo de grasa cubre la harina, esta estructura se interrumpe y en cuanto a las propiedades comestibles, después del procesamiento, resulta menos áspera, más fragmentable y con más tendencia a deshacerse en la boca. La complicación es que las grasas son inmiscibles en el agua, por lo que es un problema para la incorporación de la grasa en la masa, puesto que es necesario que la grasa se distribuya homogéneamente por toda la masa.

Esto hace críticos la cantidad de sólidos y el tamaño de los cristales (la plasticidad de la grasa) y se precisa prestar atención a la temperatura y condiciones de los tratamientos si se quiere conseguir el efecto deseado.

En las masas para galletas se necesita una distribución homogénea de la grasa, el problema radica en la competencia por la superficie de la harina entre las fases acuosa y grasa. Cuando se presenta en grandes cantidades, su efecto lubricante es tan pronunciado que se necesita muy poca agua para lograr una consistencia suave. Si se mezcla con la harina antes de su hidratación, la grasa evita la formación de una red de gluten y produce una masa menos elástica, lo que es deseable en la producción de galletas porque encoge menos tras el laminado, pero la textura es distinta. La grasa afecta al proceso con máquina de la masa (tecnología rotativa), la extensión de la misma tras el cortado, y las calidades texturales y gustatorias de la galleta tras el horneado (Coultate T. , 2007). En todas las masas, la competencia por la superficie de la harina se ve afectada por la utilización de un emulsionante apropiado, necesario para la distribución homogénea de la grasa en la masa, consiguiendo así una homogénea interrupción de la red de gluten.

1.4.1.4. Agua

El agua, aproximadamente, constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se emplea en la elaboración de galletas (Calaveras, 2004). Se considera aditivo porque no es una sustancia nutritiva, aunque el agua es un ingrediente esencial en la formación de masa para la solubilización de otros ingredientes, en la hidratación de proteínas y carbohidratos y para la creación de la red de gluten (Duncan, 1989).

El agua tiene un papel complejo, dado que determina el estado de conformación de los biopolímeros, afecta a la naturaleza de las interacciones entre los distintos constituyentes de la receta y contribuye a la estructuración de la misma.

También es un factor esencial en el comportamiento reológico de las masas de harina (Coultate, 1984).

Toda el agua añadida a la masa se elimina durante el horneado, pero la calidad del agua (calidad microbiológica, concentración y naturaleza de las sustancias disueltas, el pH) puede tener consecuencias en la masa. No es posible hacer un cálculo exacto de la cantidad de agua a emplear, se busca una consistencia apreciable al tacto. Si se añade poco agua, la masa se desarrolla mal en el horno, la masa resulta pegajosa y se afloja. Si se añade un exceso de agua, la fuerza de la masa disminuye, haciéndola más extensible, si el exceso es moderado; o todo lo contrario si el exceso es demasiado grande. De esta forma se hace muy difícil trabajar las masas.

El agua moja la red de proteínas, modificando sus uniones y facilitando que los estratos proteicos se deshagan. Por tanto la cantidad de agua a añadir dependerá del tipo de galleta que deseemos realizar, de la harina y su absorción, y del tipo de maquinaria que dispongamos.

1.5. COMPONENTES MEJORANTES DE LA GALLETA

Son muchos los aditivos que conjuntamente se añaden a la masa para subsanar las distintas anomalías en la harina, así como correctores de la masa para conseguir una linealidad en las galletas tras el procesado.

1.5.1. Bisulfito Sódico o Metabisulfito

El bisulfito sódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) es un agente acondicionador de la masa para galletas o agente modificador del gluten. En condiciones fisiológicas el dióxido de azufre es un gas no inflamable y en condiciones ácidas el sulfito se asocia a un protón y se forma bisulfito y ácido sulfuroso. El metabisulfito varía el tiempo de amasado puesto que actúa como agente reductor rompiendo alguno de los enlaces disulfuro ($\text{S}=\text{S}$) (Duncan, 1989), que unen fuertemente unas cadenas de proteína a otras, formando enlaces S-H.

Cuando el metabisulfito se añade a la harina, se produce una rotura de los enlaces disulfuro de las proteínas, lo cual tiene efectos deseables sobre la masa, la masa necesita un tiempo menor de amasado, la red de gluten no es tan fuerte, la masa es más blanda y se consigue que la masa no se contraiga una vez moldeada (Owen, 1996).

1.5.2. Lecitina

La lecitina es un agente emulsionante cuyo componente eficaz son los fosfolípidos, los cuales poseen fuertes afinidades polares. Presentan una parte hidrófoba que se disuelve bien en la fase no acuosa y otra parte hidrofílica que se disuelve bien en el agua. Además, ayuda a la masa dándole más extensibilidad y facilita la absorción del agua por la masa. Un aumento de la temperatura actúa negativamente sobre la estabilidad de las emulsiones (Dieter y Grosch, 1997).

1.5.3. Bicarbonatos

Los bicarbonatos son agentes gasificantes que presentan un elemento alcalino. También se les denomina levaduras químicas. Su función principal es la de generar gas para aumentar el volumen final de la pieza antes de terminar la cocción con la desnaturalización de las proteínas (Calaveras, 2004).

- Bicarbonato sódico: En presencia de humedad, el bicarbonato sódico reacciona con cualquier sustancia ácida, produciendo anhídrido carbónico. En ausencia de sustancias ácidas el bicarbonato sódico libera algo de dióxido de carbono y permanecerá como carbonato sódico. También se utiliza para ajustar el pH de la masa y de las piezas resultantes (Duncan, 1989)

- Bicarbonato amónico: Extraordinariamente útil en galletería, puesto que se descompone completamente por el calor desprendiendo anhídrido carbónico, amoniaco gaseoso y agua. Se disuelve muy rápidamente, pero es muy alcalina, produciendo masas muy blandas (Duncan, 1989).

1.5.4. Sal Común

La sal común (cloruro sódico), se utiliza en todas las recetas de galletas por su sabor y por su propiedad de potenciar el sabor. Además la sal endurece el gluten (ayuda a mantener la red de gluten) y produce masas menos adherentes (Duncan, 1989).

1.5.5. Salvado

Es el resultado de la molienda de las capas protectoras o cubierta de la semilla, no contiene proteínas del gluten. EL salvado reduce la elasticidad de la masa (Gujral y col., 2003) y aumenta la absorción de agua de la masa (Sudha y col., 2007).

1.6. TÉCNICAS DE ELABORACIÓN DE GALLETAS

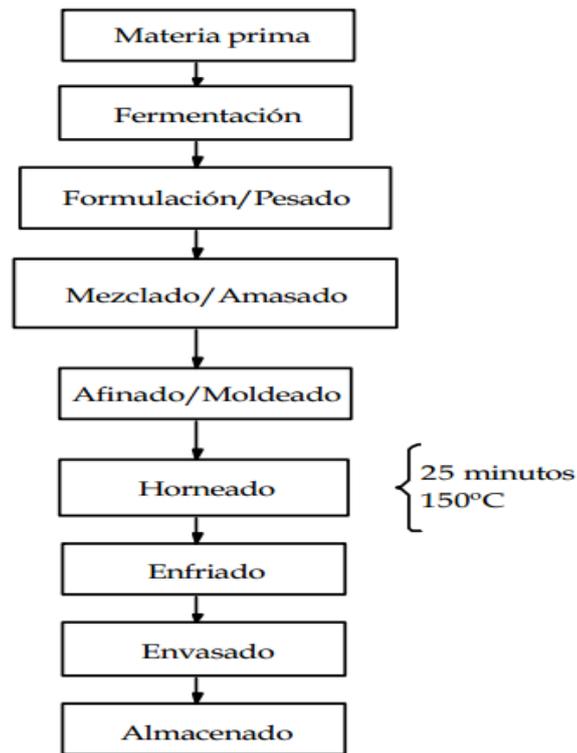
1.6.1. Tecnología Laminada

En este trabajo las galletas se obtuvieron mediante tecnología laminada. Esta tecnología está basada en el procesamiento de la masa después del amasado (laminación de la masa mediante laminadora). Durante el amasado se forma una red de gluten. La energía absorbida por la masa, se manifiesta en forma de calor hasta una temperatura de 42° C y no mayor porque la proteína podría desnaturalizarse. Este calor debe producirse por compresión o extensión de la masa dentro de la amasadora para modificar el gluten. Los niveles críticos necesarios para conseguir una masa con la estructura del gluten extensible son de azúcar unas 30 partes con unas 22 partes de grasa para 100 de harina y un porcentaje de agua de aproximadamente del 10 %. Niveles más altos de azúcar y/o grasa producen masas que deben procesarse de distinta forma.

El tiempo de amasado con esta tecnología es largo desde 20 minutos hasta 50 minutos (si no se utiliza bisulfito sódico). La masa obtenida debe tener una calidad adecuada para que la laminadora produzca una película continua y homogénea, con la superficie lisa. La masa a unos 40 °C debe protegerse del enfriamiento y utilizarse rápidamente (Duncan, 1989).

A continuación en la figura 3 se demuestra el diagrama de flujo para la elaboración de galletas compuesta.

Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas con harinas compuestas



Fuente: (Reátegui y Maury, 2001)

1.7. EVALUACIÓN REOLÓGICAS DE LAS HARINAS

1.7.1. Mixógrafo

La función principal del equipo es determinar las características físicas de las harinas, caracterizando el comportamiento reológico de una masa sometida a doble obligación de amasadura y de temperatura.

Permite medir, en tiempo real, el par (expresado en Nm) producido por el paso de la masa entre dos fraseadores y así estudiar las características reológicas de la masa (capacidad de hidratación, tiempos de desarrollo).

El debilitamiento de las proteínas, la actividad enzimática y la gelatinización y gelificación del almidón. A continuación en la figura 6 se muestra el equipo Mixolab.

Figura 4. Equipo Mixolab



Fuente: (Miroslav y col., 2008)

Método:

- Preparar la prueba a partir del programa “Mixolab Chopin”.
- Elegir un protocolo predefinido a partir del menú previamente instalado.
- Indicar el nombre de la prueba.
- Introducir la tasa de deshidratación deseada y su base.
- Indicar el contenido de agua de la harina utilizada.
- Hacer clic en el icono de inicio para comenzar la prueba, automáticamente la prueba estará lista para realizarse.
- Aparecerá una nueva ventana indicándole que coloque la harina a analizar.
- Tras cierto tiempo, un mensaje intermitente aparece indicando que Coloque la boquilla en la vasija previamente limpia antes de colocarla.
- Cuando todos los parámetros hayan alcanzado su valor de consigna, la prueba comienza (autocero, comienzo de registro del par, etc.).
- Luego de esto el equipo estará presto para otorgar resultados finales apareciendo en la pantalla sus respectivas curvas, todos estos resultados se podrán registrar imprimir o suprimir.
- Limpiar adecuadamente todos los componentes usados en el equipo (Miroslav y col., 2008).

2. METODOLOGÍA.

2.1. MÉTODOS

En todo proceso analítico, la toma de muestras es fundamental. En esta etapa se pueden cometer errores que invaliden totalmente dicho proceso. La toma de muestra de la papa china (*Colocasia esculenta*), está en función de la variedad de sembrada, pero en general va desde los 8 hasta los 15 meses: dependiendo también de la fertilidad y la humedad en el suelo. La cosecha de cormelos puede ser diferida hasta por tres meses, esto facilita al productor para adecuarse a la demanda del mercado, se mide la temperatura de la Papa China la cual debe estar similar a la ambiental, su traslado al laboratorio se lo debe realizar evitando estropeo para evitar la pérdida de muestra (Lierre, 2002).

La elección del equipo de proceso de elaboración de la harina de papa china se seleccionara tomando en cuenta que es un alimento para consumo humano entre los cuales tenemos: una estufa de calentamiento para realizar la deshidratación de la papa china, luego se procederá a realizar el molido del producto deshidratado para luego de la obtención de la harina realizar un tamizado para eliminar aquellas partículas que superen el 0,5 mm de diámetro.

Con la harina obtenida se prepararon las mezclas en las proporciones de 3 harinas compuesta Papa China -harina de trigo, 20, 25 y 30 % y dos % de polvo de hornear (3 – 5), se le adiciono todos los ingredientes básicos de la galleta común y se llevara a leudación por 15 minutos.

El proceso de elaboración se divide en 3 pasos:

1. Se mezclan los ingredientes como el azúcar, huevo, después se le va agregando la margarina, se bate lentamente conforme se agrega la harina (Trigo - papa China), ya que la masa esta suave se le deja leudar entre 10 y 15 minutos.
2. Después de dejar leudar la masa se le da forma a la galleta, y se procede a hornear a una temperatura de 165 °C durante 15-20 minutos.
3. Finalmente las galletas son empacadas para su distribución.

2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE PANIFICACIÓN DE LAS HARINAS COMPUESTAS TRIGO-PAPA CHINA

Los ensayos de panificación se realizaron con base en las formulaciones típicas para los tipos de galletas común, con el objeto de no modificar los protocolos de elaboración que los operarios realizan a diario. Únicamente el componente que cambió en la mezcla tradicional fue la harina de Papa China, en sus diferentes porcentajes de sustitución.

Las etapas de producción para la elaboración de galleta fueron: pesado, mezclado de sólidos, mezcla húmeda, reposo o leudado, pesado, división, formado, fermentación, horneado y empaque.

El diseño experimental utilizado en la investigación, estudia el comportamiento de tres % de sustitución y dos % de polvo de hornear en el volumen final de la galleta obtenida. En este caso, estamos en presencia de un *experimento factorial* en el que se estudió los efectos de dos factores (% de sustitución y % de polvo de hornear), y que el factor % de sustitución tiene tres niveles (S₁, S₂ y S₃) y mientras que el factor % del polvo de hornear tiene dos *niveles* (P₁ y P₂). Una investigación de este tipo ha sido desarrollada mediante un experimento factorial 3 x 2.

La combinación factorial del experimento antes descrito se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Combinación factorial del experimento

% de sustitución	% de polvo de hornear	
	P ₁ = 3	P ₂ = 5
S ₁ = 20	S ₁ P ₁	S ₁ P ₂
S ₂ = 25	S ₂ P ₁	S ₂ P ₂
S ₃ = 30	S ₃ P ₁	S ₃ P ₂

Fuente: Trujillo, 2014.

S_n= Porcentaje de sustitución de harina de papa china

P_n= Porcentaje de polvo de hornear

S_nP_n = Grado de aceptación por parte del consumidor

Observe que la combinación de los niveles de ambos factores hacen un total de 6 tratamientos sometidos a investigación en el experimento.

El horneado se realizara a 165 °C durante 15-20 min.

La formulación utilizada para la elaboración de galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Papa China, se presentan en la tabla 6.

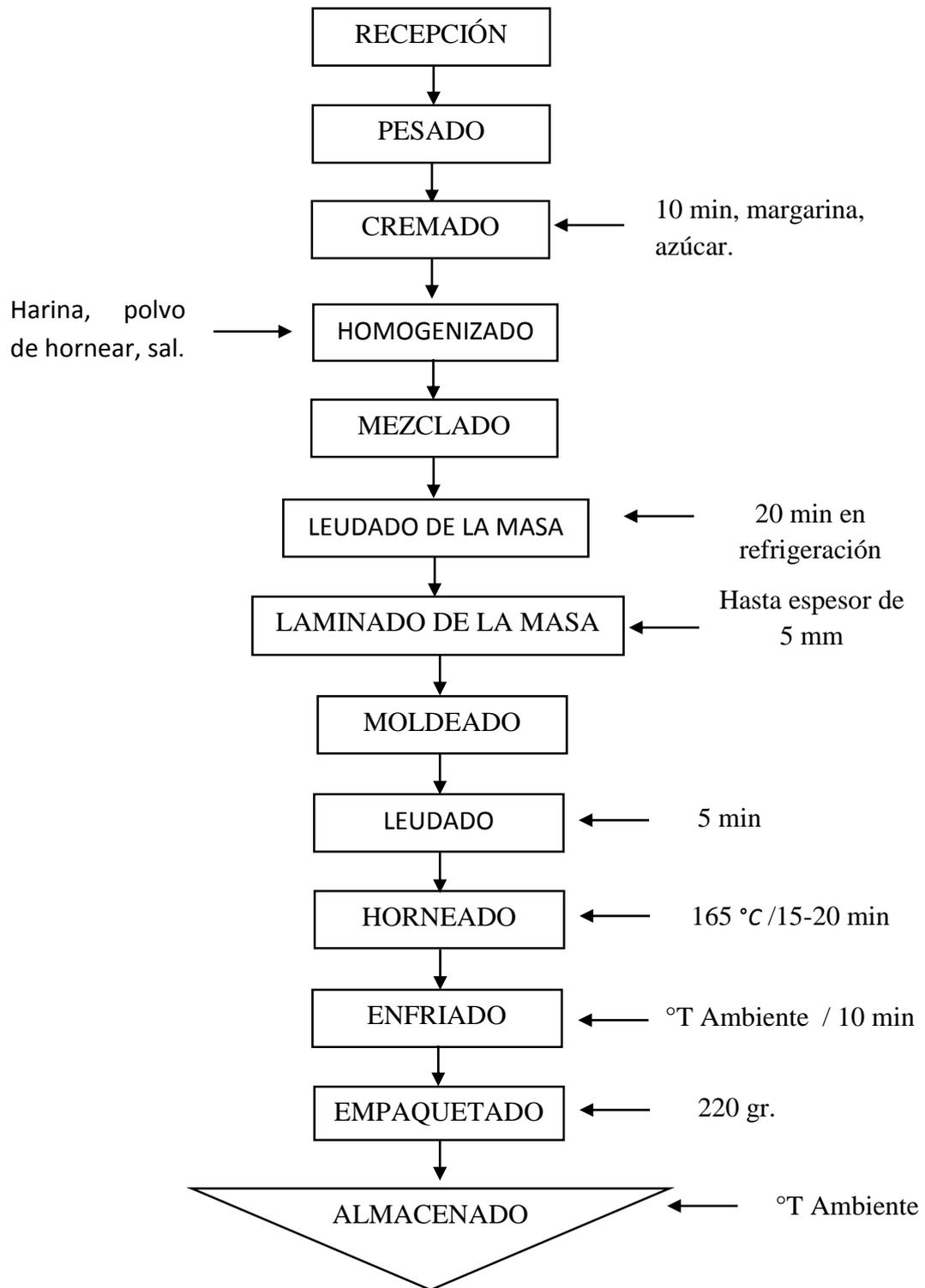
Tabla 6. Formulación de galletas con sustitución parcial de harina de Papa China.

Componente	Porcentaje % *
Harina de trigo	75
Harina de papa china	25
Polvo de Hornear	3 – 5
Azúcar impalpable	40
Sal	0,5
Margarina	30
Huevo	20

*Porcentajes dados con base en el 100% de sustitución parcial de Harinas.

Fuente: (Trujillo, 2015)

Figura 5. Diagrama de flujo de elaboración de galletas de harinas compuestas, trigo (*Triticum aestivum* L) y harina de papa china (*Colocasia esculenta*).



Fuente: (Trujillo, 2014)

Descripción del diagrama de flujo de las harinas compuestas

Recepción.-La adquisición de materia prima de óptima calidad, evitando alguna alteración o contaminación, es importante para garantizar la inocuidad y la calidad del producto final.

Pesado.-Se toma en cuenta el peso de la materia prima con la finalidad de determinar rendimientos, además la cantidad apta según la capacidad de los equipos.

Cremado.- Esta operación consiste en formar una emulsión de grasa (margarina) y endulzante (azúcar impalpable) durante 10 minutos, luego se agrega el huevo simultáneamente homogenizando hasta que forme el cremado.

Homogenizado.- En esta operación se procede a mezclar la harina trigo, harina de papa china, sal y el polvo de hornear en forma manual.

Mezclado.- Se procede a mezclar el cremado y el homogenizado hasta obtener una masa homogénea.

Leudado.- Se deja reposar en refrigeración a la masa por 20 minutos.

Laminado.- De forma manual con ayuda de un bolillo se procede a extender la masa hasta obtener una lámina de grosor de 5mm.

Moldeado.- Se corta en porciones de 11 gr aproximadamente cada una, dando forma, las mismas se colocan en las bandejas de horneado.

Leudado.- Se lo realizo durante 5 minutos. Para dejar actuar a el polvo de hornear.

Horneado.- Esta proceso consistió en colocar las bandejas con las porciones moldeadas de masa al horno previamente calentado a la temperatura de 165°C y hornear por un lapso de 15-20 minutos.

Enfriado.- Una vez horneadas las galletas se saca del horno y se las enfría a una temperatura ambiente durante 20 minutos.

Empacado.- Se procede a empacar las galletas en envases termoformados, con un contenido de 220g.

Almacenado.- El producto empacado se coloca en un estante a temperatura ambiente.

2.3. Trabajo de Campo.

2.3.1. Localización.

La toma de muestra de la Papa China se realizaron en la parroquia Torata del cantón Santa Rosa, lugar en donde abunda el cultivo de este alimento, que es el sector donde se desarrolla de mayor tamaño y textura apta para el consumo humano, este procedimiento se lo realizo en el mes de diciembre del 2014, y la elaboración de la galleta con harina compuesta se la realizo en los Laboratorios de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud.

2.3.2. Toma de muestra para la elaboración de la Harina de Papa China.

Se recolectaron 10 kilogramos muestras de papa china, se procedió a su pelado y molienda manual, la muestra fue recogida en envases de polipropileno.

Figura 6. Recolección del tubérculo de (*Colocasia esculenta*)



Fuente: Trujillo, 2015

2.3.3. Recursos Empleados.

Los análisis bromatológicos y microbiológicos se realizaron; En la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala, los Análisis reológicos, se lo realizo en el laboratorio en LACONAL de la Universidad Técnica de Ambato.

2.3.4. Materiales.

Los materiales utilizados en los análisis bromatológicos, reológicos, microbiológicos y en la obtención de harina de papa china, para la producción de galletas, durante el desarrollo de la Investigación, fueron los siguientes:

- Calibradores de vernier de 12 cm de longitud.
- Crisol o placa de evaporación.
- Termómetro: -10 a 150°C.
- Espátula para pesar reactivos.
- Pipetas de 10 ml.
- Buretas de 25 ml.
- Capsulas de porcelana 120 mm de diámetro.
- Varillas de vidrio de 20 cm de longitud.
- Pinzas para crisoles.
- Mortero con pilón.
- Vasos de precipitación de 250 – 500 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Balón aforado de 250 ml.
- Desecador de 0,5 ft³ de capacidad.
- Utensilios varios.
- Tubos de cristal.
- Embudo Büchner de polipropileno tipo California u otra alternativa equivalente.
- Tamiz de malla 1 mm.
- Papel filtro o dedal de celulosa.
- Pipetas bacteriológicas para distribuir 10 y 1 mL (o si es necesario de 1 mL y 2 ml), con tapón de algodón. Pueden utilizarse pipetas graduadas en volúmenes iguales a una décima de su volumen total.
- Cajas Petri.
- Bolsas de polietileno.
- Bols de 10 Lts.
- Moldes en forma de oso.
- Latas para horneado y utensilios de laboratorio.

2.3.5. Equipos

Durante los ensayos se utilizaron los equipos que a continuación se detallan:

- Balanza analítica SHIMADZU.
- Espectrofotómetro UV-Visible.
- Horno de panificación.
- Estufa marca BOECO.
- Mufla de calcinación marca BOECO.
- Equipo de kjendahl.
- Equipo Mixolab.
- Agitador magnético.
- Aparato de calentamiento a reflujo.
- Dispositivo de succión al vacío.
- Placa calefactora capaz de llevar 200 ml de agua a 25 °C. Hasta ebullición en 15 + 2 min.
- Sistema extractor Soxhlet.
- Baño termostático.
- Manto calefactor o rotavapor.
- Termómetro calibrado.
- Contador de colonias.
- Amasadora.

2.3.6. Reactivos.

Los reactivos utilizados en los análisis mencionados anteriormente fueron:

- HNO₃ concentrado
- HCl concentrado
- Cloroformo
- Peróxido de hidrógeno 30 %
- H₂SO₄ concentrado
- Ácido 3,5 dinitrosalicílico
- Agua destilada
- Acetona

- NaOH
- Hipoclorito de Na
- Tartrato de Na-K
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a.
- Sulfato cúprico, p.a.
- Solución de hidróxido de sodio al 15 %. Disolver 150 g de NaOH y completar a 1 litro.
- Solución de ácido sulfúrico 0,1 N. Tomar 2,7 ml de H₂SO₄ conc. y completar a 1 litro, luego estandarizar con Na₂CO₃ anhidro p.a.
- Solución de hidróxido de sodio al 30 %. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1 litro.
- Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 ml de etanol (95 %).
- Solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1 litro con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
- Ácido bórico al 3 %. Disolver 30 g de ácido bórico y completar a 1 litro.
- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0,1 % y azul de metileno al 0,1 % en relación de 2:1, en alcohol etílico.
- Solución de ácido clorhídrico 0,1 N. Tomar 8,3 mL de HCl conc. Y enrasar a 1 litro. Valorar con Na₂CO₃ anhidro.
- Solución de ácido sulfúrico 0,255 N (1,25 g de H₂SO₄ / 100 ml). La concentración debe ser chequeada por titulación.
- Solución de hidróxido de sodio 0,313 N (1,25 g de NaOH / 100 de agua libre de Na₂CO₃). La concentración debe ser chequeada por titulación.
- Silicona Antiespumante.
- Etanol al 95%.
- Éter de petróleo, P.E. 40 – 60 °C.
- Éter etílico P.E. 40 - 60°C

Para la producción de galleta se utilizaron:

Harina de trigo, Harina de papa china, grasa, azúcar impalpable, sal, polvo de hornear, huevos, margarina.

2.4. MÉTODOS ANALÍTICOS.

Tanto la materia prima como el producto final fueron caracterizados en el primer caso como medida de control y en el segundo para evaluación de las variables de respuesta. La tabla 5 registra los métodos analíticos que se aplicaran y el laboratorio donde se llevara a cabo los análisis bromatológicos.

Tabla 7. Tipos de análisis y métodos analíticos que se utilizaron en el control de calidad de la harina de papa china.

Análisis	Método analítico
Materia seca (%)	AOAC 925.09(1990)
Azúcares reductores (%)	AOAC13.28(1995)
Proteína (%)	AOAC 13.31(1955)
Fibra cruda (%)	AOAC 13.20(1955)
Extracto etéreo (%)	AOAC 13.19(1955)
Cenizas (%)	AOAC 923.03(1990)

Fuente: (AOAC, 1990).

2.5. ANÁLISIS SENSORIAL

Una prueba sensorial puede clasificarse en afectiva o de satisfacción (orientada al consumidor) y analítica (orientada a paneles entrenados), la selección de una de las anteriores depende del objetivo a cumplir. Por lo tanto la elección del tipo de prueba se realizara con base a los criterios descritos a continuación.

2.5.1. Propósito del Análisis.

Dado que uno de los objetivos es evaluar la aceptabilidad de la galleta a obtenerse a partir de harina compuesta trigo-papa china, el propósito es evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gusta este producto en una población de consumidores habituales, por lo tanto es un análisis de tipo analítica.

2.5.2. Selección del Tipo y Número de Panelistas.

Watts sugiere que el tamaño apropiado para evaluar un producto mediante pruebas de sensoriales es de 30 - 50 panelistas semientrenados. Tomando esta información como base, se realizaron 50 encuestas que evaluarán tres muestras (con tres porcentajes de sustitución parcial de harina de papa china y trigo), las cuales se aplicarán para los % de sustitución, así el total de las encuestas realizadas serán:

50 encuestas * 3 Porcentajes de sustitución = 150 encuestas realizadas en total

La encuesta fue dirigida a consumidores habituales de galletas, Las personas encuestadas solo realizarán la evaluación una vez por tanto no se repetirán panelistas en la evaluación.

2.5.2.1 Semi entrenamiento de jueces

Se procedió a semi entrenar jueces, para establecer los atributos sensoriales de la galleta de dulce utilizando harina de papa china en sustitución parcial de harina de trigo. La metodología empleada fue la propuesta por Watts y col., (1992) a la no percepción de colores, y a una de niveles de colores Espinoza (2007). Se descartaron aquellas personas que obtuvieron más de dos equivocaciones. Se empezó con 70 aspirantes de los cuales 20 fueron descartados por no cumplir con la metodología propuesta.

2.5.3. Selección de las características de calidad a evaluar.

Las características organolépticas a evaluar la galleta fueron: aroma, sabor y color, textura esta última característica incluye la evaluación de la galleta en general.

2.5.4. Selección del tipo de prueba aplicada.

El tipo de prueba seleccionada será la prueba aceptación o rechazo, dirigida a los jueces semientrenados. Esta prueba cumple con el propósito de determinar la aceptabilidad de un producto y utiliza dos parámetros: Le gusta, no le gusta, escalas categorizadas que reflejarán la aceptación o rechazo del consumidor.

2.5.5. Diseño del Cuestionario de Evaluación y Método de Calificación.

A cada una de las características organolépticas de aroma, color, sabor y textura se les asignó una calificación categorizada de 2 puntos: Le gusta No le gusta, estas características serán evaluadas para seis muestras codificadas con un número de tres dígitos seleccionado al azar. En el cuestionario de evaluación el consumidor marcaba con un visto, en la escala asignada, la calificación de su preferencia.

Se realizaron 50 encuestas para cada porcentaje de sustitución de harina compuesta trigo-Papa China, utilizando diferentes porcentajes de sustitución, se presentaron en 2 órdenes diferentes; es decir se presentaron tres tipos de galletas la oportunidad de ocupar diferentes posiciones en la encuesta de manera que cincuenta consumidores habituales degustaran las muestras en el mismo orden (Watts, 1992).

2.6. MÉTODOS ANALÍTICOS

2.6.1. Determinación de Materia Seca

Los sólidos totales o materia seca se realizaron mediante el método AOAC 925.09 (1990), incluyen toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos (Torres y Espino, 2006).

2.6.2. Determinación de Azúcares Reductores

El procedimiento se basa en una reacción redox que ocurre entre el DNS y los azúcares reductores presentes en la muestra y se aplicó el método AOAC13.28 (1995), (Bello, Carrera, y Díaz, 2006)

2.6.3. Determinación de Proteína

Se determinó mediante el método oficial AOAC 13.31 (1955), (A.O.A.C., 1984; FAO, 1986).

2.6.4. Determinación de Fibra Cruda

La Fibra cruda corresponde a la pérdida de masa a la cual se la incinera con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas, por lo cual se utilizó el método oficial AOAC 13.20 (AOAC, 1955).

2.6.5. Determinación de Extracto Etéreo

Para la determinación del análisis de Extracto Eterio se procedió a la aplicar el método oficial AOAC 13.19 (1955), (A.O.A.C., 190; FAO, 1986).

2.6.6. Determinación de Cenizas

Se realizó por el método oficial de AOAC 923.03 (1990), que se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo (AOAC, 1990).

2.6.7. Determinación de Mohos y Levaduras

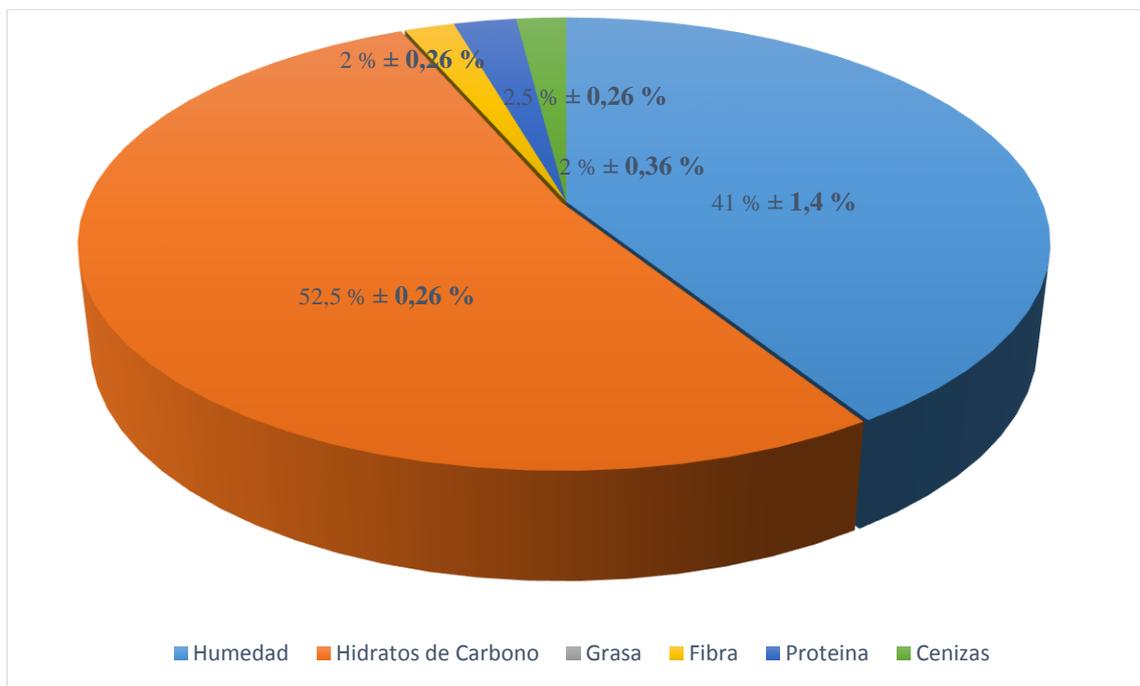
Se empleó el método oficial AOAC 997,02, NTE INEN 1529-10. (NOM , 1994).

3. RESULTADOS

3.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LA PAPA CHINA.

Determinar las características bromatológicas de papa china nos indica todos los componentes que posee la papa china. A continuación en la figura 7 se muestra la composición porcentual de la papa china.

Figura 7. Composición bromatológica de la papa china



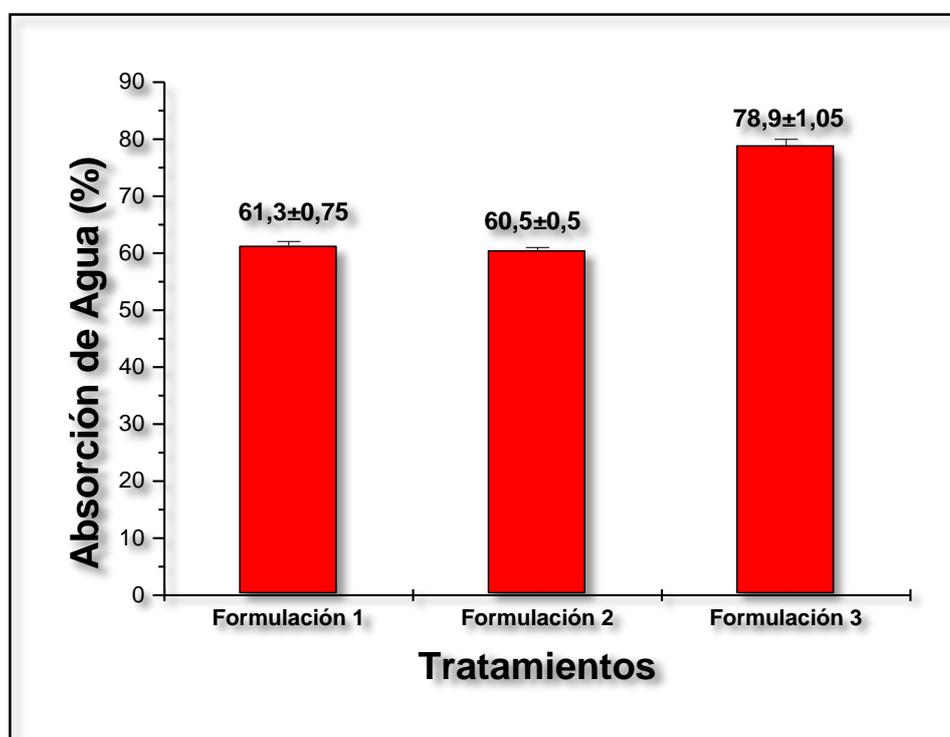
Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede observar en la figura 7 se dispone de 52,5 % hidratos de carbono, lo cual contribuye al aumento la absorción de agua de la harina de papa china y la grasa resulta indetectable.

3.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES Y SOMETER A EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LAS HARINAS COMPUESTAS.

Se realizó la evaluación reológicas de las mezclas de harinas compuesta con el objetivo de determinar aquellas que le dé ópticas condiciones de textura a la galleta a partir de estas masas. A continuación en la figura 8 se muestran los resultados del porcentaje de absorción de agua de las tres formulaciones estudiadas.

Figura 8. Porcentaje de absorción de agua de las tres formulaciones para la elaboración de galletas



Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede ver en la figura 8, la formulación 3 (30 % de sustitución) alcanza el porcentaje de absorción de agua más alto (78,9 %), mientras que la formulación 1(20 % de sustitución) y 2 (25 % de sustitución) son estadísticamente iguales.

3.2.1. Análisis de Varianza de la Absorción de Agua

Tabla 8. Análisis de varianza del porcentaje de absorción de agua de las 3 formulaciones estudiadas

Fuente	Media	Varianza	N
Formulación 1	61,3	0,57	3
Formulación 2	60,5	0,25	3
Formulación 3	78,9	1,11	3

F = 504,37306
p = 2,0672E-7

Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla 8 si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en los 3 tratamientos estudiados, la formulación 3 alcanza la mayor media en el porcentaje de absorción de agua. A continuación en la tabla 9 se muestra la prueba Tukey para las tres formulaciones estudiadas.

Tabla 9. Prueba de comparación múltiple de las 3 formulaciones estudiadas.

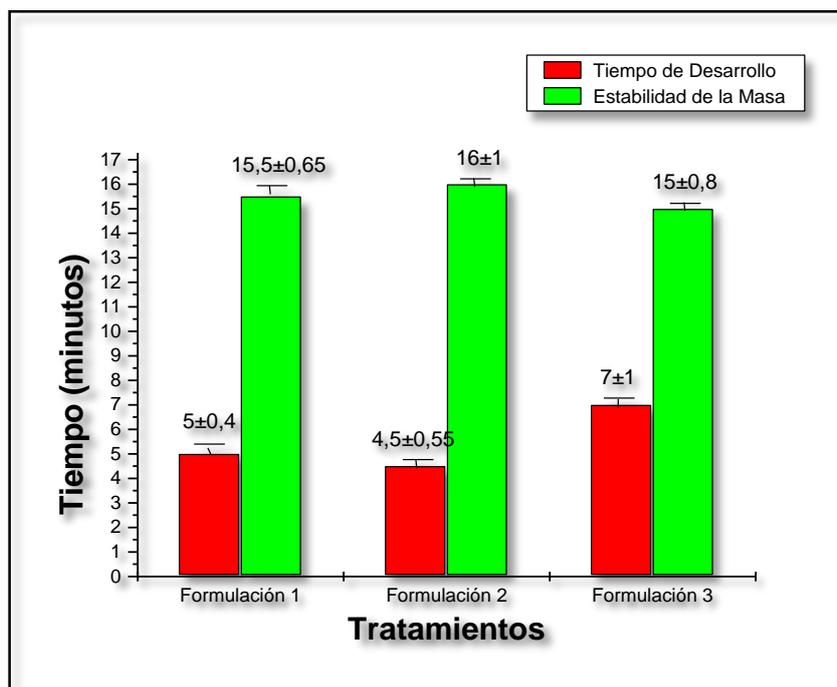
Contraste	Diferencia	\pm Limites
F1 - F2	0,8	2
F1 - F3	* -17,6	2
F2 - F3	* -18,4	2

*Significa que existe diferencia significativa

Fuente: Trujillo, 2015.

Como nos indica la tabla 9 si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en la absorción de agua, en las 3 formulaciones estudiadas, tal es el caso de la formulación 3 difiere en mayor porcentaje con respecto a la formulación 1 y 2. A continuación en la figura 9, se muestra el tiempo de desarrollo y la estabilidad de las masas de las tres formulaciones estudiadas.

Figura 9. Tiempo de desarrollo y estabilidad de las masas



Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede observar en la figura 9 la estabilidad de las masas de las tres formulaciones son estadísticamente iguales, pero si difieren ($p < 0,05$) en el tiempo de desarrollo de las masas, la formulación 2 es la que alcanza el menor tiempo de desarrollo (4,5 minutos) en relación a la formulación 1 que demora 5 minutos y la 3 con 7 minutos.

3.2.1. Análisis de Varianza de Tiempo de desarrollo de la masa y Estabilidad de la masa.

Tabla 10. Análisis de varianza del Tiempo de desarrollo de la masa y estabilidad de la masa de las tres Formulaciones.

Fuente		Media	Varianza	N
F1	Tiempo de desarrollo	5	0,16	3
	Estabilidad de Masa	15,5	0,43	3
F2	Tiempo de desarrollo	4,5	0,31	3
	Estabilidad de Masa	16	1	3
F3	Tiempo de desarrollo	7	1	3
	Estabilidad de Masa	15	0,64	3

F = 156,61017
p = 1,70005E-10

Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla 10 si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en los 3 tratamientos estudiados, la formulación 2 alcanza la mayor media en la estabilidad de la masa y la formulación 3 en el tiempo de desarrollo.

A continuación en la tabla 11 se muestra la prueba Tukey del tiempo de desarrollo y estabilidad de la masa para las tres formulaciones estudiadas.

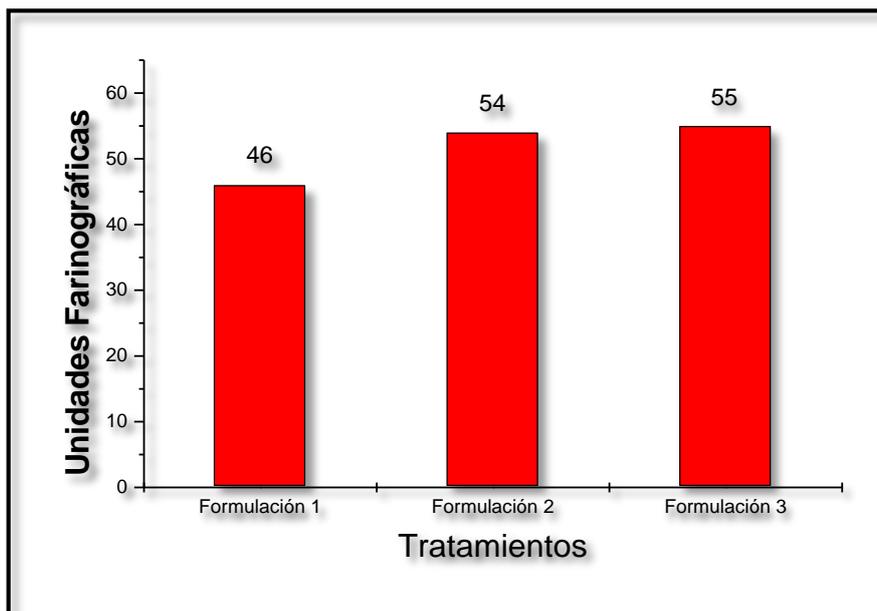
Tabla 11. Prueba de comparación múltiple de las 3 formulaciones estudiadas.

Tiempo de Desarrollo			Estabilidad de la Masa		
Contraste	Diferencia	\pm Limites	Contraste	Diferencia	\pm Limites
F1 - F2	0,5	1,7	F1 - F2	-0,5	2,08
F1 - F3	* -2,0	1,7	F1 - F3	0,5	2,08
F2 - F3	* -2,5	1,7	F2 - F3	1	2,08

*Significa que existe diferencia significativa

A continuación en la figura 10, se muestra las propiedades reológicas de las tres formulaciones estudiadas.

Figura 10. Propiedades reológicas de las tres formulaciones estudiadas



Fuente: Trujillo, 2015.

La figura 10 nos indica que la formulación 1 alcanza las 46 unidades farinográficas, mientras que la formulación 2 y 3 alcanzan el 54 y 55 respectivamente, el análisis de varianza nos indica de la formulación 1 difiere significativamente ($p < 0,05$) de la formulación 2 y 3, y las formulaciones 2 y 3 son estadísticamente iguales.

3.2.1. Análisis de Varianza de las Unidades Farinográficas

Tabla 12. Análisis de varianza des Unidades Farinográficas.

Fuente	Media	Varianza	N
F1	46	1	3
F2	54	1	3
F3	55	1	3

F = 73
p = 6,15068E-5

Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en los 3 tratamientos estudiados.

A continuación en la tabla 13 se muestra la prueba Tukey de las unidades farinográficas para las tres formulaciones estudiadas.

Tabla 13. Prueba de comparación múltiple de las 3 formulaciones estudiadas.

Contraste	Diferencia	± Límites
F1 - F2	*-8,0	2,5
F1 - F3	* -9,0	2,5
F2 - F3	-1	2,5

*Significa que existe diferencia significativa

A continuación en la tabla 14 se muestra la simulación del farinógrafo de las 3 formulaciones estudiadas.

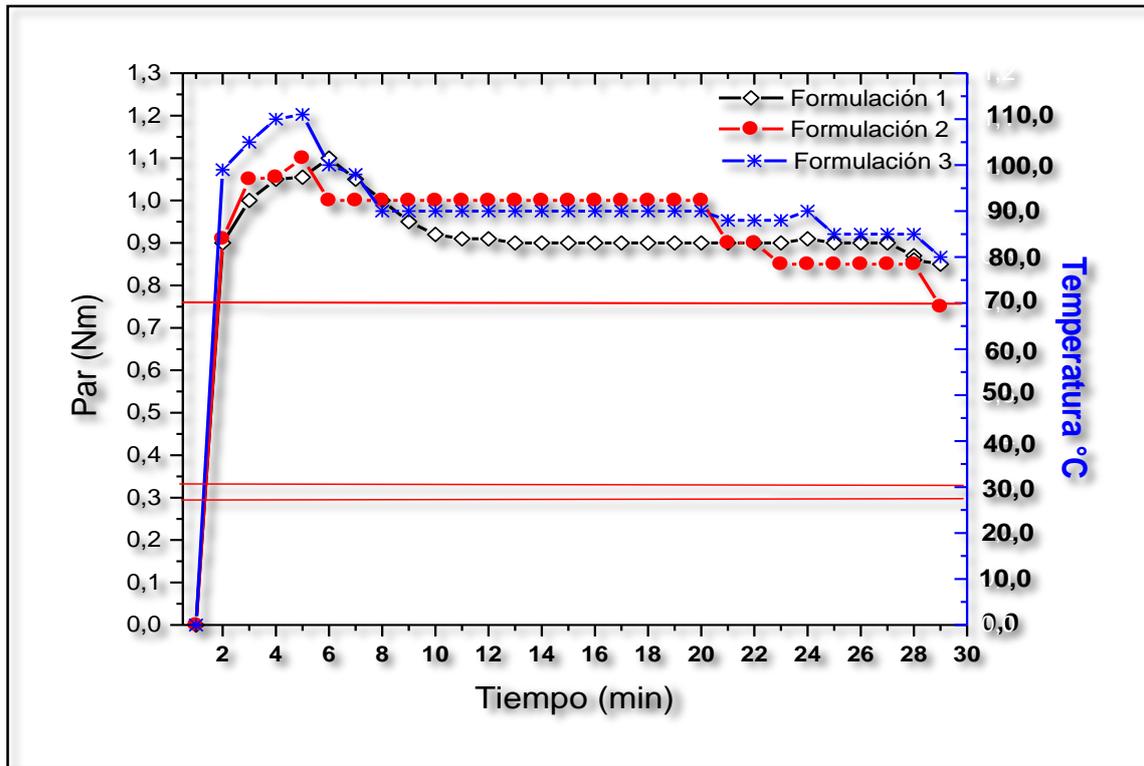
Tabla 14. Simulación Farinográficas de las 3 formulaciones estudiadas.

	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Absorción	61,30 %	60,50 %	78,90 %
Tiempo de desarrollo	5,0 min	4,5 min	7,0 min
Estabilidad	15,5 min	16,0 min	15,0 min
Debilitamiento (Equ. UF)	46 UF	54 UF	55 UF
Debilitamiento (Nm)	0,10 Nm	0,12 Nm	0,12 Nm
Cmax	1,09 Nm	1,11 Nm	1,14 Nm

Fuente: Trujillo, 2015.

A continuación en la figura 11 se muestra la simulación del farinógrafo de las 3 formulaciones estudiadas.

Figura 11. Simulación de las unidades farinográficas presentadas por las 3 formulaciones estudiadas

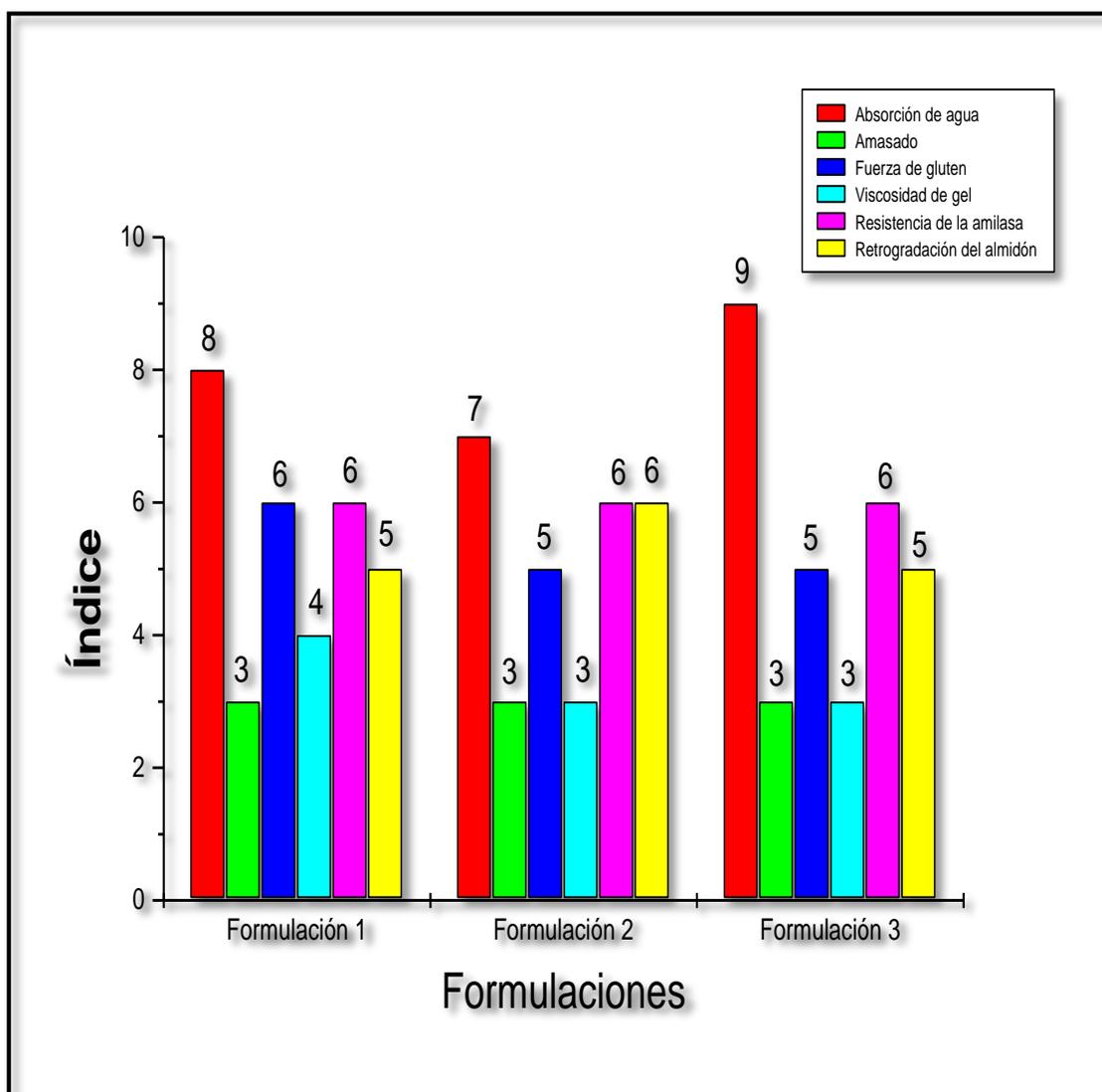


Fuente: Trujillo, 2015.

En la figura 11 se puede apreciar que la deformación de la masa de la formulación 1 necesita menor fuerza que la formulación 2 y 3, lo cual indica que alcanza menor dureza la galleta elaborada mediante esta formulación.

A continuación en la figura 12 se muestran las características reológicas de las masas de las tres formulaciones estudiadas (20, 25 y 30 %).

Figura 12. Propiedades reológicas de las mezclas de las formulaciones estudiadas

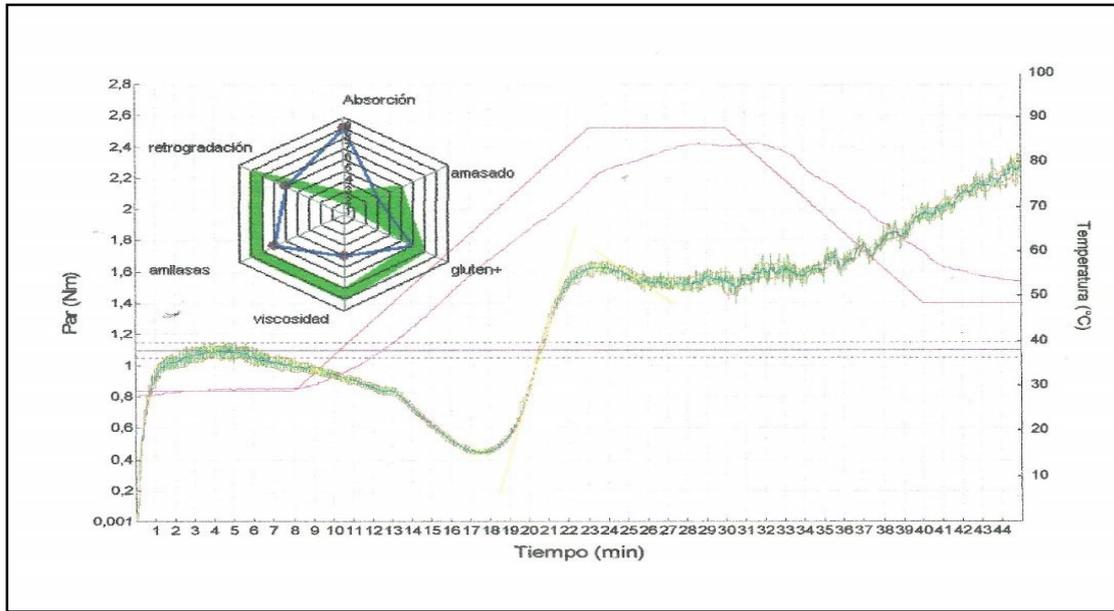


Fuente: Trujillo, 2015.

Como podemos observar en la figura 12 la formulación 3 (30 % de sustitución) alcanza el índice de más alto de absorción de agua (9), mientras que el tiempo de amasado en las 3 formulaciones tiene un índice de 3. Con respecto a la fuerza de gluten, el índice mayor lo alcanza la formulación 1 (20 % de sustitución) con un índice de 6. Por su parte en la formulación 1 alcanza un índice de viscosidad de 4, mientras que en las formulaciones 2 (25 % de sustitución) y 3 (30 % de sustitución) es 3, En lo referente al índice de resistencia de la amilasa es 6 para las 3 formulaciones. Por otro lado, la formulación 2 alcanza el mayor índice de retrogradación del almidón, mientras que en las formulaciones 1 (20 % de sustitución) y 3 (30 % de sustitución) el índice es 5.

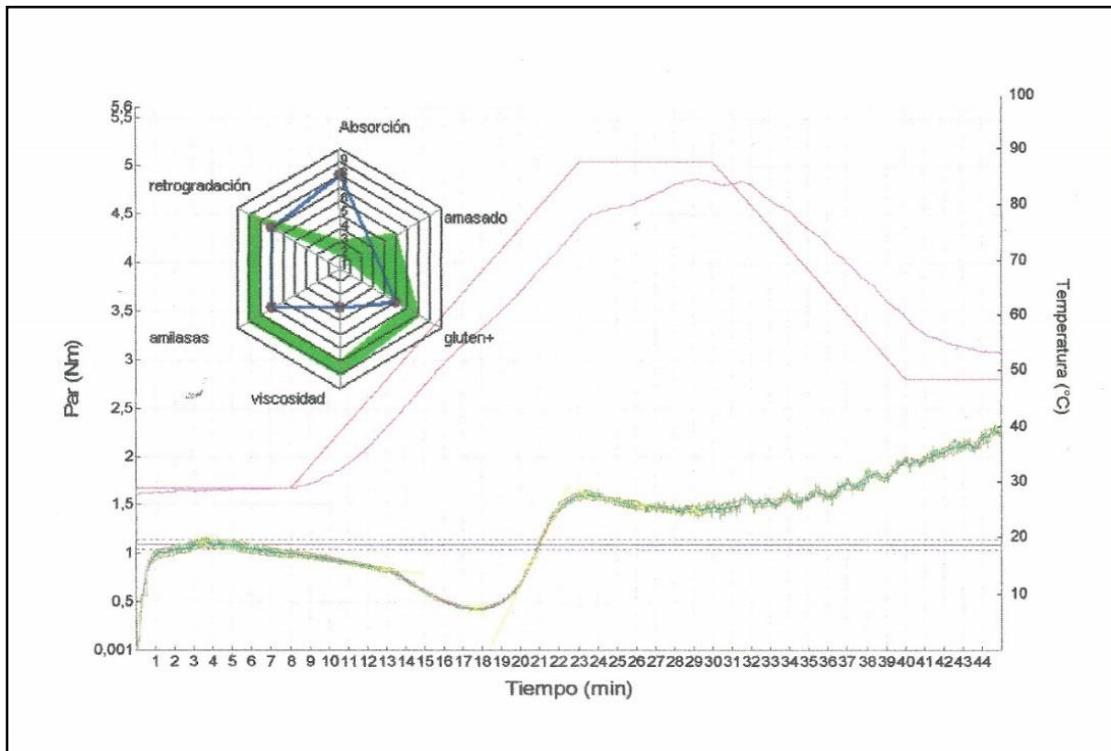
A continuación en las figuras (13-14-15), se muestra la características reológicas de las mezclas de las 3 formulaciones estudiadas.

Figura 13. Características reológicas de la mezcla del 20 % de sustitución



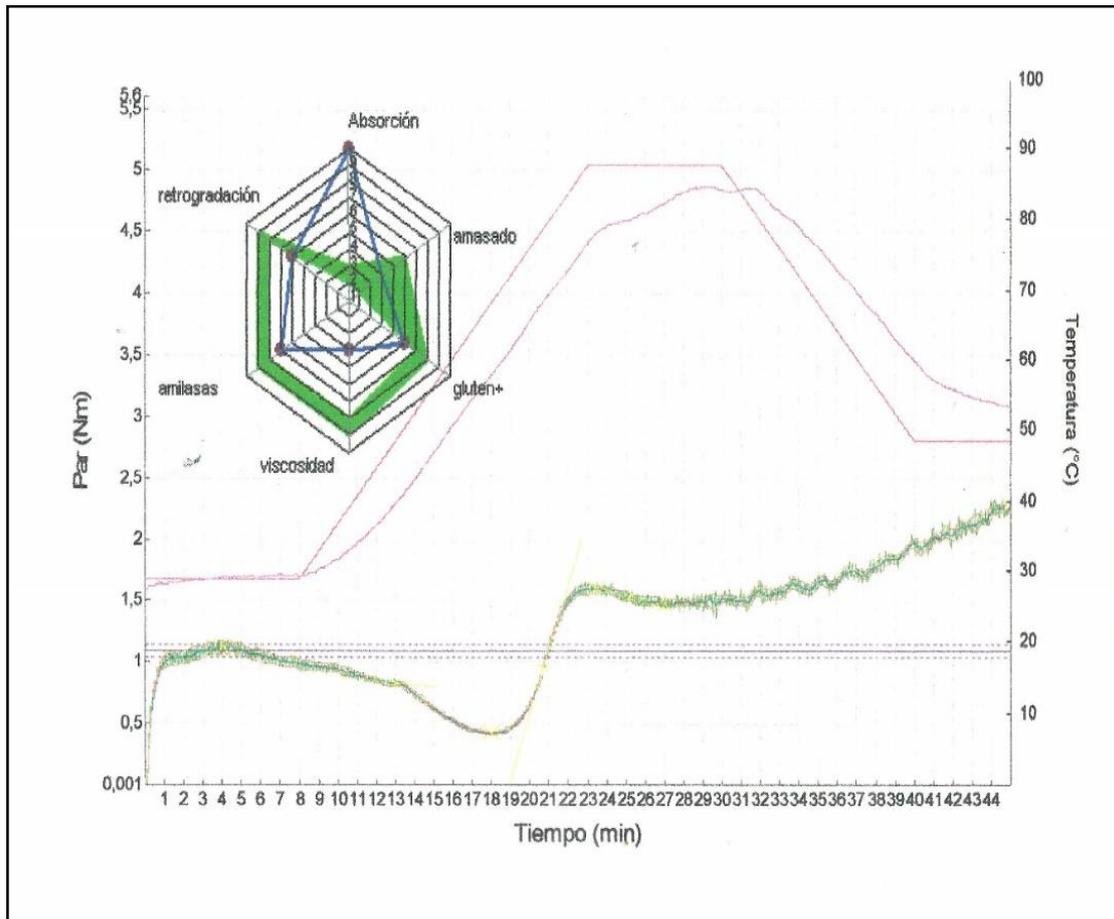
Fuente: LACONAL, 2015.

Figura 14. Características reológicas de la mezcla del 25 % de sustitución



Fuente: LACONAL, 2015.

Figura 15.Características reológicas de la mezcla del 30 % de sustitución



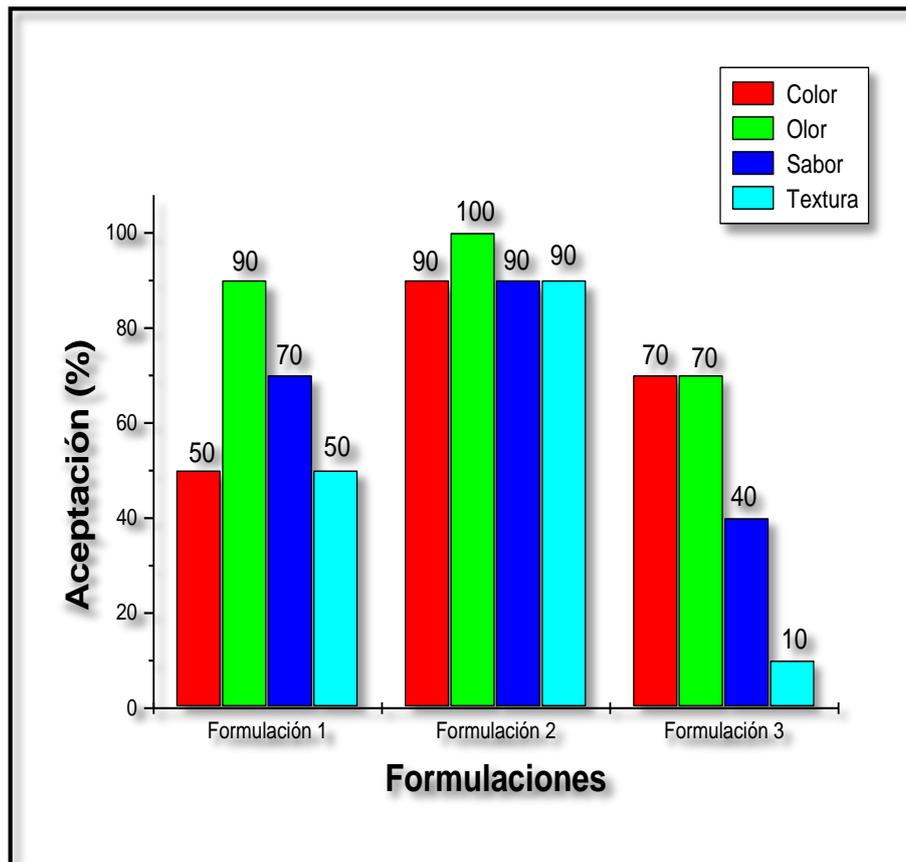
Fuente: LACONAL, 2015.

Las figura (12, 13,14) nos indican que a mayor absorción de agua, mayor % rendimiento de la mezclas. En este caso, la formulación 1 (20 % de sustitución) alcanza un índice de 8, lo que indica que tiene una buena absorción de agua, en comparación a la formulaciones 2 (25 % de sustitución) que el índice es 7, lo que igual es beneficioso para la elaboración de galletas porque el tiempo de horneado es menor.

3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GALLETAS PREPARADAS CON LOS TRES % DE SUSTITUCIÓN (20, 25 Y 30 %)

La evaluación sensorial nos indica la preferencia sensorial que tuvieron los panelistas a la hora de la degustación. A continuación en la figura 16 se muestran los resultados de la evaluación sensorial de la galleta.

Figura 16. Evaluación sensorial de color, olor, sabor, y textura de las galletas



Fuente: Trujillo, 2015.

Como podemos observar en la figura 16, la formulación que alcanza los porcentajes más altos de aceptaciones en sus 4 características organolépticas (Color, olor, sabor y textura) en la galleta elaborada a partir de la masa de harina compuestas al 25 % (papa china – trigo) es la formulación 2. La formulación 2 (90 %) difiere en un 40 % de la formulación 1 y 20 % de la 2 en la evaluación de color, con respecto al olor la formulación 2(100) difiere en un 10 % de la F1 y 30 % de la F3, en el sabor la F2 (90 %) difiere en un 20 % de la F1 y 50 % de la F3, y en la textura la formulación 2 (90 %) difiere en un 40 % de la F1 y 80 % de la F3.

3.3.1. Análisis de Varianza de la evaluación sensorial de color, olor, sabor, y textura de las galletas.

Tabla 15. Análisis de varianza de la evaluación sensorial de color, olor, sabor, y textura de las galletas.

Fuente	Color			Olor			Sabor			Textura		
	Media	Varianza	N	Media	Varianza	N	Media	Varianza	N	Media	Varianza	N
F 1	50	1	3	90	1	3	70	1	3	50	1	3
F 2	90	0,59	3	100	0,38	3	90	0,17	3	90	4	3
F 3	70	4	3	70	0,53	3	40	4,00E-04	3	10	0,75	3
F = 643,67 p = 9,9841E-8				F = 1095,29 p = 2,03804E-8			F = 4843,64 p = 2,3716E-10			F = 2504,17 p = 1,71321E-9		

Fuente: Trujillo, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla 15, si existe diferencia significativa en los cuatro parámetros sensoriales (color, olor, sabor y textura) en las 3 formulaciones estudiadas, la formulación 2 alcanza las mayores medias en los cuatro parámetros estudiados.

3.3.2. Prueba de Comparación Múltiple de la Textura de la Galleta (Tukey)

Al ser la textura el parámetro sensorial más importante en la elaboración de galletas, se aplicó la prueba de Tukey para determinar si existe diferencia significativa en las 3 formulaciones estudiadas y qué porcentaje de aceptación alcanzo este parámetro.

A continuación en la tabla 10 se muestra la prueba de Tukey aplicada al experimento.

Tabla 16. Prueba de comparación múltiple de las 3 formulaciones estudiadas.

Contraste	Diferencia	± Limites
F1 - F2	*- 40,0	3,54
F1 - F3	* 40,0	3,54
F2 - F3	* 80,0	3,54

*Significa que existe diferencia significativa

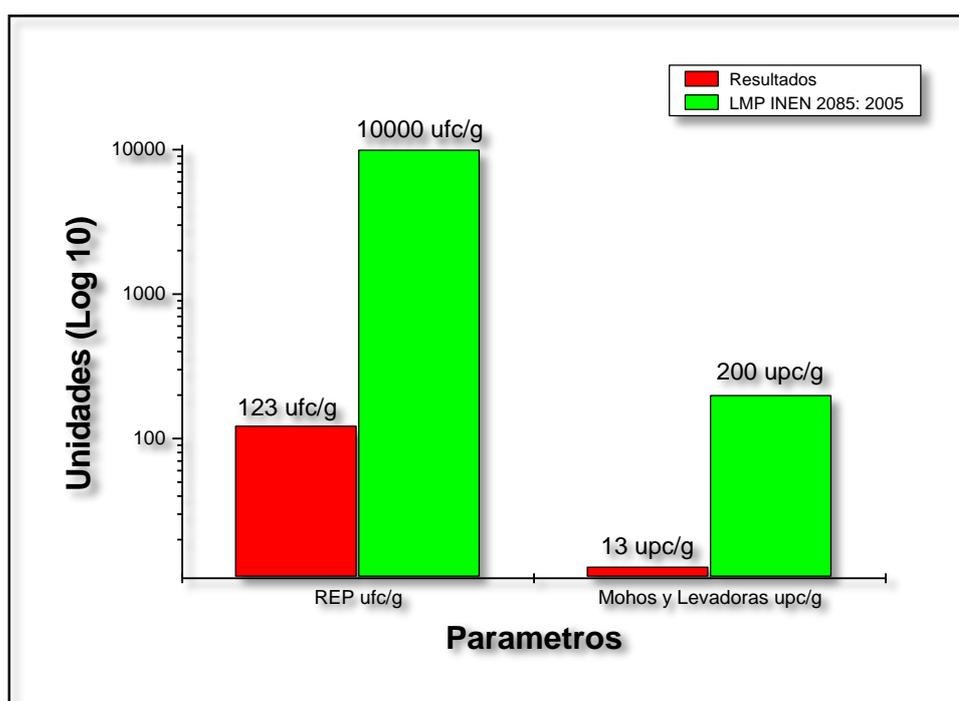
Fuente: Trujillo, 2015.

Como nos indica la tabla 16 si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en la textura de la galleta, en las 3 formulaciones estudiadas, tal es el caso de la formulación 2 difiere en mayor porcentaje con respecto a la formulación 1 y 3.

3.4. EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO GANADOR EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

Las galletas de dulce deben cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Norma INEN 2085. A continuación en la figura 17 se muestran los resultados microbiológicos de la galleta Cumpliendo la norma INEN 2085: 2005.

Figura 17. Comparación de los resultados microbiológicos de la galleta elaborada con la formulación 2 (25 % de sustitución) con los límites máximos permisible INEN 2085.



Como se puede apreciar en la figura 17 la galleta elaborada con la masa de la harina compuesta (Papa china-Trigo) si cumple con los parámetros microbiológicos por la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2085: 2005, para este tipo de alimento.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Muestra la desviación estándar = 3,54

Tamaño de la muestra = 9

95,0% intervalo de confianza para sigma: [2, 39112, 6,78182]

Hipótesis nula: desviación estándar = 0,5

Alternativa: no es igual

Computarizada estadística Chi-cuadrado = 401011

P-valor = 0,0

Rechazar la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Las dos hipótesis para ser probadas son:

Hipótesis nula: sigma = 0,5

Hipótesis alternativa: sigma \neq 0,5

Contraste de Hipótesis

Dada una muestra de 9 observaciones con una desviación estándar de 3,54, el estadístico Chi-cuadrado calculado es igual 401,01. Dado que el valor P para la prueba es inferior a 0,05, la hipótesis nula es rechazada en el Nivel de confianza del 95,0%.

En consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa que señala, que “aplicando sustituciones parciales de la harina de trigo por harina de papa china en la elaboración de galletas de dulce *es* posible obtener un producto con aceptables atributos sensoriales por parte de los consumidores”.

4. CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que la papa china contiene 59 % de hidratos de carbono, principalmente almidón, el mismo que tiene relación directa con la absorción de agua en procesos de calentamiento, debido a la ruptura que sucede entre la amilosa y amilopectina, en sus enlaces α (1,4) y α (1,6) la molécula de agua se enlaza a estos, en su puentes de hidrogeno, manifestándose en ese momento, la gelatinización.
2. Mediante la medición de los parámetros reológicos de las mezclas de la harina compuesta (Papa china-Trigo), la formulación 3 (30 % de sustitución) alcanza el porcentaje de absorción de agua más alto (78,9 %), mientras que la formulación 1 (20 % de sustitución) y 2 (25 % de sustitución) no difieren ($p > 0,05$) entre ellas.
3. En el tiempo de desarrollo de las masas, la formulación 2 es la que alcanza el menor tiempo de desarrollo (4,5 minutos) en relación a la formulación 1 que demora 5 minutos y la 3 con 7 minutos.
4. A medida que la sustitución de una materia prima de menor contenido de proteína, papa china, por otra de mayor contenido, harina de trigo, el índice de Fuerza de gluten va disminuyendo, valores lógicos de esperar, debido a que las formulaciones 2 y 3 poseen menor contenido de proteínas insolubles (glutenina y gliadina).
5. La formulación 1 (20 % de sustitución) tiene un índice de viscosidad de 4, lo cual influye en la textura de la galleta. Por su parte, las formulaciones 2 (25 % de sustitución) y 3 (30 % de sustitución) tienen una buena textura debido a que sus índices son de 3, lo cual permitió obtener una galleta crocante.
6. En cuanto al índice de amilasas, las tres formulaciones presentaron valores de 6, por este motivo la actividad amilástica es alta, la cual produce una masa blanda, pegajosa y difícil de trabajar. Mientras que, el índice de retrogradación del almidón es 5 para las formulaciones 1 (20 % de sustitución) y 3 (30 % de sustitución), en comparación con el índice 6 de la formulación 2 (25 % de sustitución). Esto indica que, mientras más alto es el índice menos tiempo de vida útil tendrá el producto final. Además, este indicador nos pronostica, que tanto el grano de trigo y tubérculo han sido cosechados con un prolongado tiempo, previo a su transformación en harina.

7. La galleta que alcanzó los porcentajes más altos de aceptaciones, por parte de los potenciales consumidores, en sus cuatro atributos sensoriales (color, olor, sabor y textura) fue la formulación 2, seguida por la formulación 1 y en último lugar, la formulación 3.
8. La galletas elaboradas con la mezcla de la harina compuesta, Papa china-Trigo, si cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos por la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2085: 2005, para este tipo de alimento.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda para el lavado de la materia prima se disuelva 1 gr de ácido ascórbico por cada 1 litro. De agua, esto ayuda que no se oxide la materia prima y así obtener una harina de color adecuado que no influya en la presentación del producto.

Si se mezcla con la harina antes de su hidratación, la grasa evita la formación de una red de gluten y produce una masa menos elástica, lo que es deseable en la producción de galletas porque encoge menos tras el laminado.

Durante el moldeado el espesor de las galletas, debe ser de 5mm, lo cual va a permitir que durante el horneado la temperatura sea homogénea, obteniendo una galleta con buenas características organolépticas.

Para obtener una galleta de calidad y características aceptables se debe realizar análisis realógicos, de la mezcla de harinas compuestas, se debe tener en cuenta que a mayor porcentaje de sustitución mayor dureza de la galleta.

6. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. (190). Official Methods of Analysis.
- A.O.A.C. (1984). Official Methods of Analysis. (1. t. Edition, Ed.)
- AOAC. (1990). Oficial Methods of Análisis. 1.
- AOAC. (1990). studies of the quantification of specific cyanogens in cassava product and introduction of the new chromogen. *Journal de sci. Food. Agric.* 63, Págs. 287-296.
- Belderok, B., Mesdag, H., y Dingena, A. (2000). BreadMaking Quality of Wheat. *Springer*. ISBN 0792363833.
- Bello, D., Carrera, E., y Díaz, Y. (2006). Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 46.
- Caicedo, Q., Rodríguez, B., y Valle, R. (2014). A review on use tubers chinese potato Colocasia esculenta conserved in silage form feed pigs. *Revista Veterinaria REDVET*, Vol. 15(Nº 1).
- Calaveras, J. (2004). Nuevo Tratado de Panificación y Bollería. 2ª edición, AMV ediciones y Mundi-prensa. Madrid.
- Charro, R. F. (Febrero de 2009). *Escuela Politécnica Superior de Zamora*. Obtenido de Escuela Politécnica Superior de Zamora:
http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/56078/1/PFC_Analisisreologico.pdf
- Codex Alimentarius. (2007). Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales. *Organizacion Mundial de la Salud*.
- CORPEI. (2013). Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador. Pàg. 2.
- Coultate, T. (2007). Manual de Química y bioquímica de los alimentos. Zaragoza: Editorial: Acribia,.
- Coultate, T. P. (1984). FOOD: The Chemistry of its Components. Zaragoza: Ed: Acribia.
- Coursey, O. (1968). Journal the food.
- Dieter, B. H., y Grosch, W. (1997). Química de los Alimentos. 2ª edición, Ed: Acribia Zaragoza.
- Duncan, M. (1989). Tecnología de la Industria Galletera: galletas, crackers y otros horneados. Ed: Acribia, S.A. Zaragoza.
- Espinoza, Julia.,Evaluación Sensorial de los alimentos editoriales Cuba 2007.
- FAO. (1986). Manuals of food quality control.
- FAO. (1986). ood and Nutrition. *Paper 14/7*.

- Ferreras, C. R. (2009). ANÁLISIS REOLÓGICO DE LAS DIFERENTES FRACCIONES DE HARINA OBTENIDAS EN LA MOLIENDA DEL GRANO DE TRIGO. *Universidad de Salamanca*, Págs. 82-83.
- Forero, D. G. (2000). Almacenamiento de Granos. *UNAD, Facultad de Ciencias Agrarias*.
- Gujral, H. S., Sundeep, M., Imaan, S. S., y Pankaj, G. (2003). *Journal of Food Properties*, Vol. 6, No. 2, Págs. 329–340.
- Inutcam. (2008). Galletas, variedades al gusto. Para la obtención de cualquier tipo de galletas es importante controlar la cantidad y calidad de los ingredientes. *Consuma seguridad*, Págs. 74-75.
- ISO. (1987). Determination de la teneur en amylose. *ISO 6647 .International Organization for Standarization*.
- Lierre, H. (2002). Malanga (*Xanthosoma sagitifolium*). *Agricultura*, Pàgs, 19-22.
- MAGAP. (23 de febrero de 2013). Obtenido de www.economia-sniim.gob.mx/Sniim-mercadosExterior/fruthort/
- Mestres, C. (1993). Comparison of various processes for making maize pasta. *Journal Cereal Sci.*,17., Págs. 277-290.
- Miroslav, H., Aleksandra, T., Petar, D., y Marijana, S. (2008). INFLUENCE OF PARTIAL WHEAT FLOUR SUBSTITUTION BY BUC WHEAT FLOUR ON DOUGH RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS MEASURED USING MIXOLAB. *Institute for Food Technology, Novi Sad, Serbia* , Págs. 129.
- NOM . (1994). Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. *NORMA OFICIAL MEXICANA*, 1 - 9.
- Owen, F. (1996). Química de los Alimentos. 2ª edición, Ed: Acribia, Zaragoza.
- Reátegui, S. D., y Maury, L. M. (2001). ELABORACIÓN DE GALLETAS UTILIZANDO HARINAS SUCEDÁNEAS OBTENIDAS CON PRODUCTOS DE LA REGIÓN. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.1, nº 1, p. 43 - 48 (2001), Págs. 2.
- Rodriguez, L. (2007). Producción de trigo no cubre la demanda local,. *Biblioteca del BancoCentral del Ecuador*.
- Sudha, M. L., Vetrmani, K., y Leelavathi. (2007). Influence of Fibre from Different Cereals on the Rheological Characteristics of Wheat Flour Dough and on Biscuit Quality. *Salvado de Trigo*, Págs. 1365–1370.
- Torres, C., y Espino, K. (2006). *Procedimiento para la Medición de Sólidos Totales*. Panamá: Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas - Universidad de Panamá.
- Trujillo. (2014).
- Trujillo. (2014).

Watts, B. M. (1992). Basic methods for food evaluation. Ottawa. Canadá: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. Págs. 66-67. 170.

Zoulikha, M., Bouvier, J. M., Karim, A., y Patras, C. (1989). Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. *Journal of Food Engineering*, Págs. 23-42.

ANEXOS

Anexo 1. Recolección de la materia prima



Anexo 2. Lavado de la materia prima



Anexo 3. Pelado de la materia prima



Anexo 4. Determinación de Humedad de la Papa China



Anexo 5. Determinación de cenizas de la papa china



Anexo 6. Secado de Materia prima de la (*Colocasia esculenta*)



Anexo 7. Molienda de la Papa China para la obtención de Harina



Anexo 8. Análisis de proteínas de la (*Colocasia esculenta*)



Anexo 9. Análisis realógicos de las harinas compuestas



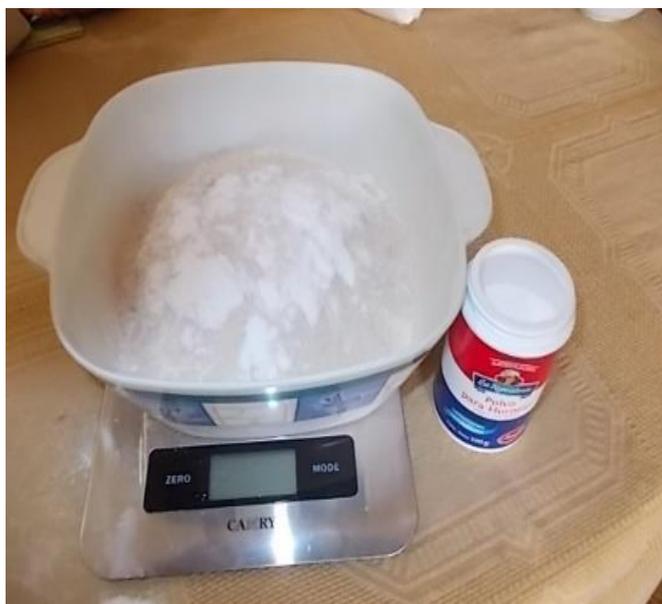
Anexo 10. Pesado del Azúcar impalpable



Anexo 11. Mezclado del Azúcar y Margarina



Anexo 12. Pesado de la harinas y polvo de hornear



Anexo 13. Mezclado de las materias primas



Anexo 14. Obtención de la masa para la obtención de galletas



Anexo 15. Moldeado de la galleta de dulce



Anexo 16. Horneado de las galletas



Anexo 17. Análisis microbiológico de la galleta



Anexo 18: Análisis sensorial de la galleta



Anexo 19: Resultados de los análisis reológicos de la mezcla de harinas de papa china y trigo al (20 – 25 y 30%)



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com

"Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:15-053		R01-5.10 06						
Solicitud N°: 15-053	Fig: 1 de 1							
Fecha recepción: 09 marzo 2015	Fecha de ejecución de ensayos: 09-13 marzo 2015							
Información del cliente:								
Empresa:	C.I./RUC: 0704745983							
Representante: Hoover Javier Trujillo Torres	Tlf:							
Dirección: Santa Rosa	Celular: 0968858644							
Ciudad: Santa Rosa, El Oro	E mail: hoovertrujillo1984@hotmail.com							
Descripción de las muestras:								
Producto: Mezclas de harina de trigo y papa china, harina de papa china	Peso: 1kg, 2kg							
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: funda plástica							
Lote: n/a	No de muestras: 4							
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a							
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: n/a							
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 09 marzo 2015							
RESULTADOS OBTENIDOS								
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados		
Mezcla de harina de trigo y papa china	5315134	20% de harina de papa china	*Simulador Farinografía:					
			*Absorción de agua	MIXOLAB	%	61.3		
			*Tiempo de desarrollo		min	5.0		
			*Debilitamiento		UF	46		
			*Estabilidad		min	15.5		
			*Caracterización reológica harinas:					
			*Absorción de agua: C1	MIXOLAB	Índice	8		
			*Amasado: C2		Índice	3		
			*Fuerza del gluten: C3		Índice	6		
			*Viscosidad del Gel Almidón: C4		Índice	4		
*Resistencia de la amilasa: C5	Índice	6						
*Retrogradación del almidón: C6	Índice	5						
Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	%(Nx6.25)	12.6					
Mezcla de harina de trigo y papa china	5315135	25% de harina de papa china	*Simulador Farinografía:					
			*Absorción de agua	MIXOLAB	%	60.5		
			*Tiempo de desarrollo		min	4.5		
			*Debilitamiento		UF	54.0		
			*Estabilidad		min	16.0		
			*Caracterización reológica harinas:					
			*Absorción de agua: C1	MIXOLAB	Índice	7		
			*Amasado: C2		Índice	3		
			*Fuerza del gluten: C3		Índice	5		
			*Viscosidad del Gel Almidón: C4		Índice	3		
*Resistencia de la amilasa: C5	Índice	6						
*Retrogradación del almidón: C6	Índice	6						
Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	%(Nx6.25)	12.2					
Mezcla de harina de trigo y papa china	5315136	30% de harina de papa china	*Simulador Farinografía:					
			*Absorción de agua	MIXOLAB	%	78.9		
			*Tiempo de desarrollo		min	7.0		
			*Debilitamiento		UF	55.0		
			*Estabilidad		min	15.0		

Certificado N°: 15-053				Pág. 2 de 2		
Mezcla de harina de trigo y papa china	5315136	30% de harina de papa china	*Caracterización reológica harinas:			
			*Absorción de agua: C1	MIXOLAB	Índice	9
			*Amasado: C2		Índice	3
			*Fuerza del gluten: C3		Índice	5
			*Viscosidad del Gel Almidón: C4		Índice	3
			*Resistencia de la amilasa: C5		Índice	6
			*Retrogradación del almidón: C6		Índice	5
Proteína	PE03-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 2001.11	%(Nx6.25)	12.0			
Harina de papa china	5315137	Ninguno	Grasa	PE13-5.4-FQ. AOAC Ed.19 2012 2003.06	%	0.31
			*Fibra cruda	INEN 522	%	2.31
Conds. Ambientales: 19.2 °C; 50%HR Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE Se anexan resultados Equipo MIXOLAB <div style="text-align: right;">  <p>DIRECTORA DE CALIDAD Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad</p> </div>						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si					GR	

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.

No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Anexo 20: Descripción del análisis reológico de la mezcla de harinas al 20%

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR



LACONAL-5315134_1

Fecha: 10/03/2015 Hora: 10:40

Muestra:

Hidratación: 61,6 % base 14% (b14)

Contenido en agua 13,2 %

índice: 8-36-465

Protocolo: Chopin+

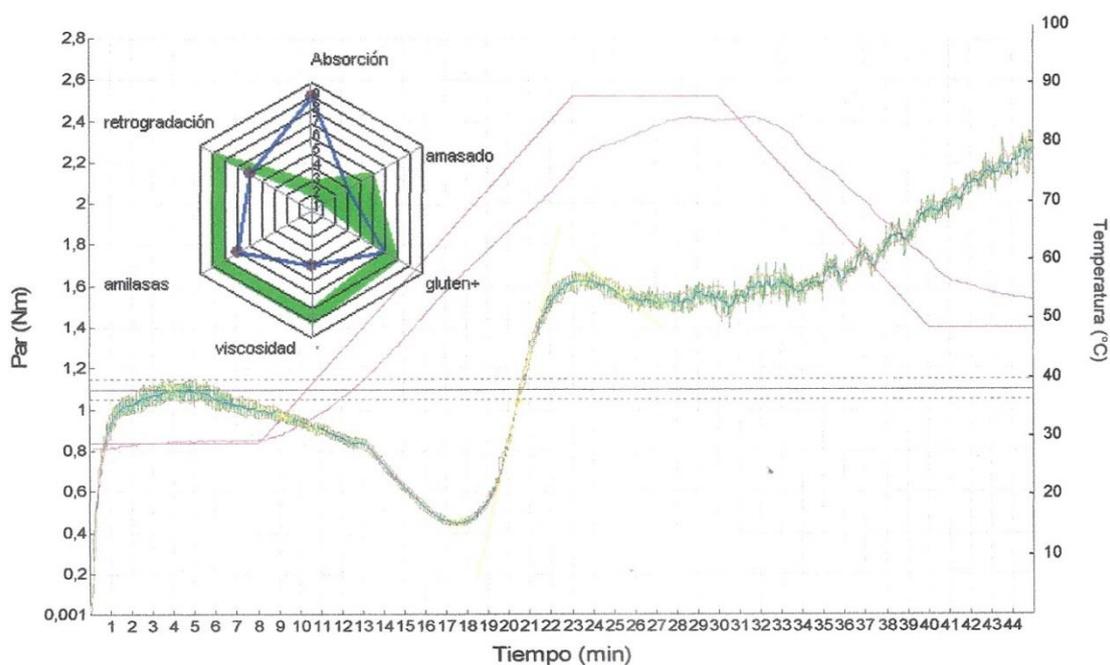
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,93	1,10	30,1	0,09	8,47
C2	17,47	0,45	57,9		
C3	23,48	1,63	79,3		
C4	27,25	1,52	85,3		
C5	45,05	2,30	54,8		

α :	-0,038	Nm/min
β :	0,432	Nm/min
γ :	-0,086	Nm/min



Anexo 21: Descripción del análisis reológico de la mezcla de harinas al 25%

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR



LACONAL-5315135

Fecha: 01/01/2008 Hora: 00:44

Muestra:

Hidratación: 60,1 % base 14% (b14)

Contenido en agua 12,2 %

índice: 7-35-366

Protocolo: Chopin+

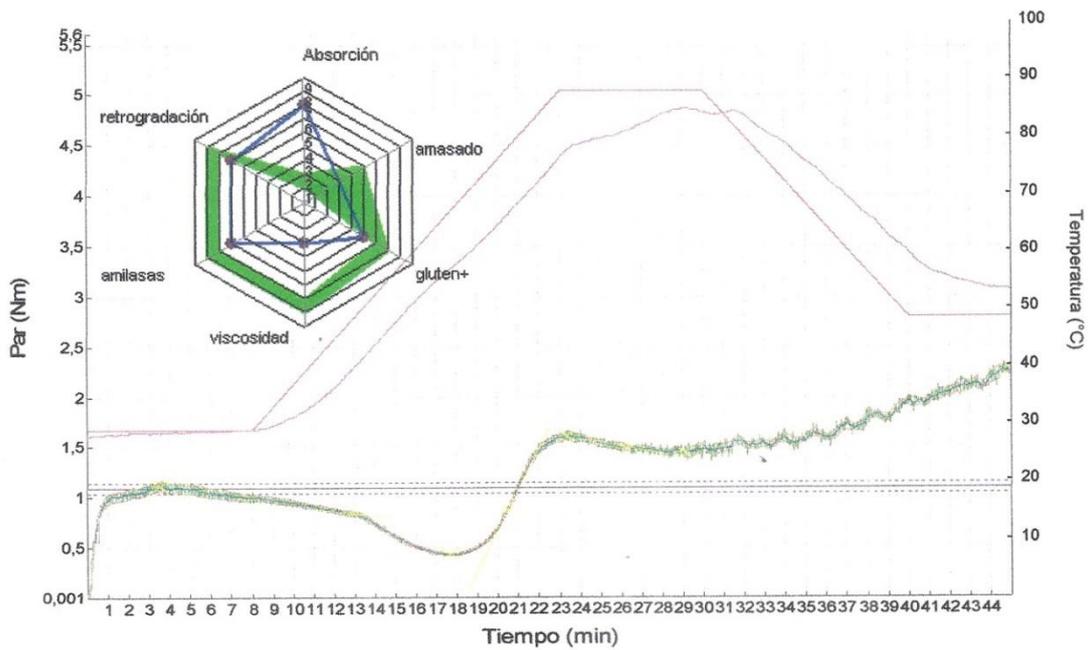
Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,50	1,12	29,3	0,08	8,52
C2	17,65	0,44	58,3		
C3	23,37	1,61	79,5		
C4	29,12	1,44	86,9		
C5	45,05	2,27	54,8		

α :	-0,024	Nm/min
β :	0,406	Nm/min
γ :	-0,038	Nm/min



Anexo 22: Descripción del análisis reológico de la mezcla de harinas al 30%

MIXOLAB

LACONAL
 Av. Los Chasquis y Río Payamino
 Ambato
 18033 LACONAL
 ECUADOR



LACONAL-5315136_2

Fecha: 01/01/2008 Hora: 02:59

Muestra:

Hidratación: 77,9 % base 14% (b14)

Contenido en agua 20,7 %

índice: 9-35-365

Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4,00	1,13	30,2	0,09	8,13
C2	17,98	0,43	59,4		
C3	23,50	1,60	80,3		
C4	26,98	1,47	84,6		
C5	45,02	2,28	55,0		

α :	-0,016	Nm/min
β :	0,526	Nm/min
γ :	-0,050	Nm/min

