



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN**  
**ALIMENTOS**



**CARRERA: INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

---

**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO, POR DOS TIPOS DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*), EN LA CALIDAD DE LA PASTA”**

---

Trabajo estructurado de manera independiente (TEMI). Presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

**Por:** Egda. Verónica Martínez

**Tutor:** Ing. Héctor Aníbal Saltos

Ambato-Ecuador

2011

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación intitulado: “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), en la calidad de la pasta”, realizado por la egresada Verónica Martínez; declaro que dicho trabajo cumple con todos los requisitos reglamentarios vigentes. En consecuencia posee los méritos suficientes para que sea aprobado, bajo la modalidad de “Trabajo estructurado de manera independiente (TEMI)”

Ambato, Junio de 2011

---

Ing. Héctor Aníbal Saltos, M. Sc.

TUTOR

## AUTORÍA DE LA TESIS

Los criterios emitidos en el siguiente trabajo de investigación: “EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO, POR DOS TIPOS DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*), EN LA CALIDAD DE LA PASTA”, así como también los resultados de los análisis, conclusiones y recomendaciones, corresponden exclusivamente a la egresada. Verónica Martínez y al Ing. Héctor Aníbal Saltos, tutor de este proyecto de investigación.

Verónica Martínez  
AUTOR

Ing. Héctor Aníbal Saltos S. M. Sc.  
TUTOR PROYECTO

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Junio de 2011

Para constancia firman:

---

**Ing. Romel Rivera**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Mario Manjarrez**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Mayra Paredes**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## DEDICATORIA

*Este trabajo de investigación esta dedicado primeramente a Dios, por permitirme ver cada mañana un nuevo amanecer.*

*A mi papi Ernesto que aunque no esta a mi lado físicamente, se que me cuida y protege cada día, como lo hacía cuando aún era una niña.*

*A mi mami Elva, por ayudarme en todo lo que puede y simplemente por ser una persona maravillosa.*

*A mi hermano, que aunque no lo veo mucho siempre esta pendiente de mí.*

*A Stalin, por llenar mi vida de amor y felicidad.*

*Verito*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco de todo corazón a mi familia por ser mi soporte principal en los días más difíciles. A todos mis amigos porque han estado a mi lado, aun en esos días de locura total, cuando se sentía que las fuerzas se agotaban, gracias en verdad por llenar mi vida de momentos gratos e inolvidables; y de manera muy especial a Majito. Benavides. A la Ing. Mónica Silva por apoyarme incondicionalmente desde un inicio hasta llegar a cumplir este proyecto. Al Ing. Saltos, a las Ing. Brito y Paredes por apoyarme con sus conocimientos durante todo este proceso. A mi amor Stalin por ayudarme en todo momento, por arrancarme más de una sonrisa cuando ya no se tenía ánimos de sonreír. Y a todos los que colaboraron para que este sueño se haga realidad.*

Verito

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## A. PÁGINAS PRELIMINARES

Página de título o portada	i
Página de aprobación por el autor	ii
Página de autoría de la tesis	iii
Página de aprobación del tribunal de grado	iv
Página de agradecimiento	v
Página de dedicatoria	vi
Índice general de contenidos	vii
Índice de cuadros y gráficos	x
Índice de tablas y figuras	xii
Abreviaturas	xiv
Resumen ejecutivo	xv

## B. TEXTO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

### **CAPÍTULO I. EL PROBLEMA**

1.1 Tema	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.2.1 Contextualización	2
1.2.1.1 Contextualización Macro	4
1.2.1.2 Contextualización Meso	6
1.2.1.3 Contextualización Micro	7
1.2.2 Análisis crítico	8
1.2.3 Prognosis	10
1.2.4 Formulación del problema	10
1.2.5 Preguntas directrices	11
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación	11
1.3 Justificación	12
1.4 Objetivos	13
1.4.1 General	13
1.4.2 Específicos	13

### **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes	14
2.2 Fundamentación filosófica	16
2.3 Fundamentación legal	16

2.4	Categorías fundamentales	17
2.4.1	Descripción del proceso	17
2.4.1.1	Proceso de la elaboración de HZB	18
2.4.1.2	Proceso de elaboración de pasta	20
2.5	Hipótesis	22
2.5.1	Diseño experimental	22
2.5.2	Hipótesis	23
2.6	Señalamiento de variables	24

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

3.1	Enfoque	25
3.2	Modalidad básica de la investigación	25
3.3	Nivel o tipo de investigación	26
3.4	Población y muestra	26
3.5	Operacionalización de variables	26
3.6	Recolección de información	29
3.7	Procesamiento de la información	30

### **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Análisis de los resultados	31
4.2	Discusión	31
4.2.1	Rendimiento y propiedades físico-químicas de los dos tipos de harina	31
4.2.2	Evaluación de la pasta cocida	32
4.2.2.1	Tiempo de cocción	32
4.2.2.2	Porcentaje de hinchamiento	33
4.2.2.3	Grado de desintegración	34
4.2.3	Selección de los dos mejores tratamientos	36
4.2.4	Evaluación sensorial	37
2.2.4.1	Color	37
2.2.4.2	Apelmazamiento	37
2.2.4.3	Firmeza	38
2.2.4.4	Pegajosidad	38
2.2.4.5	Aceptabilidad	39
4.2.5	Selección y evaluación del mejor tratamiento	39
4.2.5.1	Propiedades químicas	40
4.2.5.2	Análisis microbiológico	40
4.3	Verificación de hipótesis	41
4.3.1	Calidad culinaria de la pasta	41



4.3.2 Evaluación sensorial	41
----------------------------	----

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones	42
5.2 Recomendaciones	43

## **CAPÍTULO VI. PROPUESTA**

6.1 Datos informativos	45
6.2 Antecedentes de la propuesta	45
6.3 Justificación	48
6.4 Objetivos	49
6.5 Análisis de factibilidad	49
6.6 Fundamentación	50
6.7 Metodología del modelo operativo	51
6.7.1 Materiales y equipos	53
6.7.2 Tecnología de elaboración	54
6.8 Administración	55
6.9 Previsión de la evaluación	56

## **CAPÍTULO VII. MATERIALES DE REFERENCIA**

7.1 Bibliografía	57
------------------	----

## **ANEXOS**

Anexo A. Cuadros y Hoja de cata	64
Anexo B. Datos obtenidos	69
Anexo C. Resultados	77
Anexo D. Gráficos	93
Anexo E. Diagrama de proceso y fotografías	99

# ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

## CUADROS

### CAPÍTULO II

<b>Cuadro 1.</b>	Requisitos técnicos máximos para pastas o fideos cocidos	17
------------------	--	----

### CAPÍTULO VI

<b>Cuadro 2.</b>	Composición de aminoácidos de las proteínas de zanahoria blanca y de las proteínas de la clara de huevo.	47
<b>Cuadro 3.</b>	Composición proximal de albumina de huevo deshidratada	51

### ANEXO A

<b>Cuadro A1.</b>	Composición química (%) de la zanahoria blanca, perteneciente al banco del germoplasma del INIAP	65
<b>Cuadro A2.</b>	Contenido nutritivo de la zanahoria blanca y zanahoria amarilla cocida	65
<b>Cuadro A3.</b>	Composición química proximal de la HZB	66
<b>Cuadro A4.</b>	Intervalo de variación en la concentración de los principales componentes del trigo	66
<b>Cuadro A5.</b>	Composición nutricional de la harina de trigo	66
<b>Cuadro A6.</b>	Parámetros de gelatinización para el almidón de zanahoria amarilla ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> , variedad amarilla)	67
<b>Cuadro A7.</b>	Características del almidón de trigo y de zanahoria blanca	67
<b>Cuadro A8.</b>	Composición de la pasta elaborada 100% harina de trigo	67

## GRÁFICOS

### CAPÍTULO I

- Gráfico 1.** Árbol de problemas de la inexistente utilización de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) 9

### CAPÍTULO II

- Gráfico 2.** Diagrama de flujo de la elaboración de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) sin cáscara. 18
- Gráfico 3.** Diagrama de flujo para la elaboración de pasta 21

### ANEXO D

- Gráfico D1.** Promedio de los tiempos de cocción de las pastas elaboradas 94
- Gráfico D2.** Promedio de los porcentajes de hinchamiento de las pastas elaboradas 94
- Gráfico D3.** Promedio de los porcentajes de desintegración para el agua de cocción de las pastas elaboradas 95
- Gráfico D4.** Promedio de los porcentajes de desintegración para el agua de lavado de las pastas elaboradas 95
- Gráfico D5.** Comparación entre los promedios de las valoraciones de tiempo de cocción y grado de desintegración 96
- Gráfico D6.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para el color de la pasta cocida 96
- Gráfico D7.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para el apelmazamiento de la pasta cocida 97
- Gráfico D8.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para la firmeza de la pasta cocida. 97
- Gráfico D9.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para la pegajosidad de la pasta cocida. 98
- Gráfico D10.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para la aceptabilidad de la pasta cocida. 98

# ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

## TABLAS

### CAPÍTULO III

<b>Tabla 1.</b>	Variable independiente	27
<b>Tabla 2.</b>	Variable dependiente	28

### CAPÍTULO VI

<b>Tabla 3.</b>	Modelo Operativo (Plan de acción)	52
<b>Tabla 4.</b>	Administración de la propuesta	55
<b>Tabla 5.</b>	Previsión de la evaluación	56

### ANEXO B

<b>Tabla B1.</b>	Pesos registrados en la elaboración de los dos tipos de harina	70
<b>Tabla B2.</b>	Porcentaje de humedad de la materia prima.	70
<b>Tabla B3.</b>	Descripción de los tratamientos experimentales realizados	71
<b>Tabla B4.</b>	Tiempos de cocción de la pasta (min)	72
<b>Tabla B5.</b>	Peso de la pasta, posterior a la cocción (g)	72
<b>Tabla B6.</b>	Tiempo de cocción y peso de la pasta cocida 100% de harina de trigo (testigo)	73
<b>Tabla B7.</b>	Sólidos totales en el agua de cocción y de lavado de las diferentes pastas.	73
<b>Tabla B8.</b>	Mejores tratamientos de acuerdo al análisis estadístico para la evaluación sensorial	74
<b>Tabla B9.</b>	Calificaciones obtenidas de ensayos de cata, sobre color y apelmazamiento de pasta cocida	74
<b>Tabla B10.</b>	Calificaciones obtenidas de ensayos de cata, sobre firmeza y pegajosidad de pasta cocida	75
<b>Tabla B11.</b>	Calificaciones obtenidas de ensayos de cata sobre aceptabilidad de la pasta cocida	75
<b>Tabla B12.</b>	Promedio del número de colonias presentes en las pastas analizadas	76

### ANEXO C

<b>Tabla C1.</b>	% de Rendimiento en el proceso de elaboración de dos tipos de harina.	78
<b>Tabla C2.</b>	Análisis físico-químicos de los dos tipos de harina	78

<b>Tabla C3.</b>	% de hinchamiento y grado de desintegración de pasta cocida con 100% de harina de trigo (testigo)	78
<b>Tabla C4.</b>	% de hinchamiento de las diferentes pastas.	79
<b>Tabla C5.</b>	% de grado de desintegración de pasta en agua de cocción y lavado.	79
<b>Tabla C6.</b>	Tiempo de cocción	80
<b>Tabla C7.</b>	Porcentaje de hinchamiento	82
<b>Tabla C8.</b>	% de Grado de desintegración en el agua de cocción	83
<b>Tabla C9.</b>	% de Grado de desintegración en el agua de lavado	84
<b>Tabla C10.</b>	Calificaciones promedio de los ensayos de cata para pasta cocida.	86
<b>Tabla C11.</b>	Color	87
<b>Tabla C12.</b>	Apelmazamiento	88
<b>Tabla C13.</b>	Análisis de varianza para la firmeza	89
<b>Tabla C14.</b>	Pegajosidad	90
<b>Tabla C15.</b>	Aceptabilidad	91
<b>Tabla C16.</b>	Composición proximal de la pasta elaborada con HZBS al 5% de sustitución y 100% harina de trigo	92
<b>Tabla C17.</b>	Recuento de microorganismos en las pastas con HZB y de trigo	92

## **FIGURAS**

### **CAPÍTULO I**

<b>Figura 1.</b>	Producción mundial de pasta	5
------------------	-----------------------------	---

## ABREVIATURAS

CIP	Centro Internacional de la Papa
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
HZB	Harina de zanahoria blanca
HZB/CC	Harina de zanahoria blanca, con cáscara
HZB/SC	Harina de zanahoria blanca, sin cáscara
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IR	Infrarroja
UNIPI	Unión Italiana de Producción de Pasta
UNORCAC	Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi
UPA	Unión de Pastificios Americanos

## RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se estudió el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de zanahoria blanca, HZB en la calidad organoléptica, nutricional, comercial y sanitaria de la pasta. Para ello se utilizaron proporciones al 5%, 10% y 15% (p/p), empleando HZB elaborada a partir de la muestra entera (con cáscara) y la parte comestible (sin cáscara). Los contenidos de fibra para estos dos tipos de harina son alrededor de 3.02% y 3.13% respectivamente.

Las evaluaciones realizadas en la pasta incluyeron a las siguientes variables: tiempo de cocción, porcentaje de hinchamiento, grado de desintegración y diversas características sensoriales, físico-químicas y microbiológicas. Se ha encontrado que el tiempo de cocción de la pasta con mayor porcentaje de sustitución fue menor que el de la muestra control. Además se ha observado que el hinchamiento aumentó con las proporciones mayores de harina de zanahoria blanca; del mismo modo se incrementó el grado de desintegración. Los mejores tratamientos han resultado ser las pastas elaboradas con HZB/CC al 15% de sustitución, por su bajo tiempo de cocción, y la pasta con HZB/SC, al 5% de sustitución, por presentar el menor grado de desintegración.

Para la evaluación sensorial se estudiaron cinco atributos organolépticos en la pasta: color, apelmazamiento, firmeza, pegajosidad y aceptabilidad; aplicando en las catas escalas hedónicas estructuradas de 1 a 5 puntos siendo que los promedios mas altos indican mejores características. Se determinó como mejor tratamiento a la pasta elaborada con HZB/SC al 5%, debido a que presenta promedios más altos y estadísticamente se demuestra que presenta menor o ninguna variación con la pasta elaborada con 100% harina de trigo. Esta pasta presenta 0.57% de fibra y su contenido de proteína (14.6%) es muy similar a la pasta control (14%), además su composición proximal y calidad microbiológica se ajusta a requerimientos establecidos para pasta.

Los resultados de este estudio demuestran que la fibra incorporada con la harina de zanahoria blanca influye en las propiedades de cocción y sensoriales de la pasta, siendo que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de fibra de la harina zanahoria blanca y el tiempo de cocción; y que por tanto esta harina posee gran potencial para la fabricación de pasta de alta calidad.



## INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de pastas usualmente se utilizan harina de trigo duro, agua y algunos ingredientes opcionales como las espinacas, tomates, hierbas, etc. (Hernández R., 2006) los mismos que influyen en el contenido nutricional de la pasta. No obstante se puede decir que una ración típica de 225g de pasta aporta el 10% de los requerimientos diarios de proteína. Por otra parte los consumidores han redescubierto las ventajas tradicionales de la pasta como son su larga vida útil, su bajo costo, versatilidad y diversidad de preparación (Granito M., 1998)

La zanahoria blanca tiene un gran potencial para ser usada en múltiples preparaciones. No obstante hasta el momento no existe en el país una industria dedicada a la explotación de esta raíz como fuente de harina o almidón. En Brasil, Nestlé y otras compañías procesan las raíces para producir una serie de fórmulas dietéticas para bebés y sopas instantáneas. (Villacrés y Espín, 1999).

Además la zanahoria blanca es reconocida por su contenido de fibra (alrededor del 3%). Cabe mencionar que la fibra no mejora la calidad sensorial de los productos en los que se incorpora, pero su importancia radica en los efectos benéficos que aporta en la salud, tales como agente terapéutico para los diabéticos (Rodríguez G., 2001). Se ha demostrado que la harina de trigo enriquecida con harinas no convencionales de raíces y tubérculos, presentan baja digestibilidad por la presencia de almidones resistentes.

El presente trabajo se realizó con la finalidad principal de diversificar el uso de zanahoria blanca elaborando pasta de su harina, mediante la sustitución parcial de harina de trigo por dos tipos de HZB, estudiando la: calidad de cocción, calidad sensorial, composición físico-química y microbiológica del producto.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

**“Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), en la calidad de la pasta”.**

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 Contextualización**

La zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) tiene amplia variabilidad fenotípica en lo referente a las características del follaje y raíz. Los tipos más comunes son los de follaje bronceado y los de raíces blancas y amarillas. Es posible sembrar y cosechar a lo largo de todo el año, es decir, no es un producto estacional; por consiguiente, podría asegurar ingresos relativamente permanentes. Entre las razones para considerar a la zanahoria blanca, como uno de los cultivos más prometedores, citamos su amplia gama de usos culinarios y también el hecho que no posee indeseables sustancias que parecen limitar la aceptabilidad de la oca (oxalatos), melloco (mucílago) y maca (principios astringentes). (Coronel T., 2010)

Las variedades amarillas son consideradas como especialmente agradables al paladar y son de textura más harinosa. Esta raíz tiene un gran potencial para

ser usada en múltiples preparaciones novedosas, aunque todavía no se aprovechan todas las posibilidades que ofrece para ser incluida en la comida para niños pequeños y enfermos en forma de harina, sémola o como almidón. (Medina C., 2010). Por otro lado, la zanahoria blanca constituye una alternativa de consumo en comparación con la yuca pues los rendimientos que alcanza son buenos, y se presenta como un alimento sano y fácilmente digerible; además es más resistente a las enfermedades.

Para su comercialización adecuada es necesario mejorar aspectos relativos al embalaje y transporte. Actualmente las pérdidas por este concepto son muy altas y su presentación en los mercados urbanos deja mucho que desear. (Álvarez V., 2005 y Espinosa P., 1997).

Dado su contenido de carbohidratos, de carotenoides y su color, la zanahoria blanca, variedad amarilla, es el cultivar con mayor potencial para su industrialización en forma de harina integral. Posee alrededor del 3% de fibra, lo cuál refuerza su importancia relativa porque en el caso particular de la fibra dietética, esta se reconoce como un agente terapéutico para los diabéticos, arterioscleróticos, personas con problemas de las coronarias y con padecimientos digestivos.

La zanahoria blanca, variedad morada, presenta altos contenidos de carbohidratos, lo cual favorece su utilización en la elaboración de alimentos calóricos. No obstante deben realizarse estudios diversos para determinar el valor nutricional de las diferentes variedades. Siendo que la harina de zanahoria blanca preserva las características nutricionales de las raíces, puede ser utilizada como sustituto de otras harinas. (Rodríguez G., 2001)

Según el código alimentario se designa con el nombre de “pastas” a productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada hecha con sémolas, semolinas o harinas de trigo duro, semiduro o blando o sus mezclas y agua

potable. Debido a la poca humedad tienen un valor nutritivo más elevado que el pan, con una relación de 10 partes de pasta por 15 de pan. (Nogara Silvio, 1964)

Las pastas junto a los panes, arroz, yuca, papa y cereales conforman el grupo de los carbohidratos de la pirámide nutricional que se debe consumir. Es uno de los productos que mayor variedad de complementos puede llegar a tener, entre ellos las salsas, carnes y mariscos, vegetales y especias. (Diario El Comercio, 2009).

### **1.2.1.1 Contextualización Macro**

Según la Unión Italiana de Producción de Pasta (UNIFI), el precio internacional del trigo se ha incrementado hasta alrededor del 66.45% en el último año. Esto se debe principalmente al desarrollo de la industria de biocombustibles, al aumento del consumo en China e India y a las complicaciones productivas por condiciones climáticas. Los tallarines se encuentran en el puesto N°15, dentro de los productos de mayor inflación anual a Octubre del 2007.

La Unión Europea, produce el 42% de pasta a nivel mundial, lo que representa casi 4 millones de toneladas al año, siendo que el 73% es producido en Italia; seguido de Francia y Alemania con un 6%. (UNIFI, 2001).

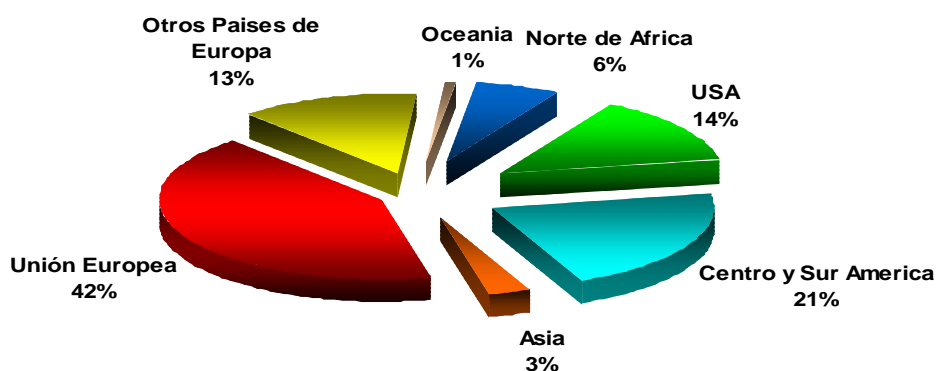
Investigadores del Centro Internacional de la Papa (CIP), establecieron que para el cultivo de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) se encuentran disponibles unas 30.000 hectáreas entre América del Sur y América Central. Sin embargo esta raíz se cultiva mejor en las cordilleras andinas, desde Venezuela hasta Bolivia. No obstante el país con mayores áreas de cultivo de zanahoria blanca, es Brasil con un volumen de comercialización de 90.000 toneladas al año. (Rodríguez y col. CORPOICA).

En el área andina, Colombia es el primer productor de zanahoria blanca, con una producción anual de más de 100.000 toneladas (Ministerio de Agricultura, 2002), en tanto que en Perú y Bolivia la producción ha venido decreciendo debido al desconocimiento del poblador urbano de las bondades alimenticias del producto, así como al insuficiente conocimiento de los productores de apropiadas tecnologías que permitan un adecuado manejo de post-cosecha. (Ramos J., 2005)

En Colombia hay registros de usos de esta raíz en los procesos de obtención de almidón y fabricación de harina para su aplicación en panadería. Los antecedentes de utilización que se tienen en Brasil incluyen harina, hojuelas, sopas instantáneas, fórmulas de comidas para bebés, purés y bizcochos. (Rodríguez G., 2001). La mayoría de estos productos son destinados a la Unión Europea, con la categorización de “nuevos alimentos”, debido a que no cuenta con un historial de uso en cantidades significativas. (Oliver A. y col. 2009)

En la figura 1 puede apreciarse la producción mundial de pasta, lo que sugiere que podría haber un nicho de mercado importante para harina de trigo enriquecida con harina de zanahoria blanca.

**Figura 1.** Producción mundial de pasta. (Aproximadamente 9.400 millones ton/año)



**Fuente:** Unión de Pastificios Americanos (UPA), 2004

**Elaborado por:** Verónica Martínez

### **1.2.1.2 Contextualización Meso**

Según UNIPI (2001) en Centro y Sur América la producción de pasta representa el 21% (1'974.000 ton/año) del total mundial, siendo Brasil el país con mayor producción y consumo. Por otro lado América del Norte representa el 14% de la producción de mundial de pasta controlado por Estados Unidos.

En Ecuador los cultivos de zanahoria blanca se encuentran localizados entre 1.500 y 3.000 metros sobre el nivel del mar, a lo largo del callejón interandino y son menos frecuentes en los flancos occidental y oriental de la cordillera; encontrándose cultivos en Pimampiro, Intag y Cotacachi en la provincia de Imbabura; Nanegalito y San José de Minas en la provincia de Pichincha, Baños en la provincia de Tungurahua, Gonzanamá y Saraguro en la provincia de Loja y Zaruma en la provincia del Oro.

El cultivo de mayor importancia se concentra en la región de San José de Minas representando la zona más importante de abastecimiento de esta raíz andina en el país. Mientras que en otras localidades como Intag, la producción está destinada al consumo local debido a la escasa producción. Las estadísticas permiten estimar la producción ecuatoriana entre 12.000 y 24.000 toneladas anuales; siendo que de este total tan solo un pequeño porcentaje es destinado al consumo humano. La zanahoria blanca presenta una frecuencia de compra de al menos 1 vez por semana por cada familia de las ciudades de Quito y Guayaquil.

Si bien una encuesta realizada por Espinoza P. (1997) ha determinado que lo que más agrada de la zanahoria blanca es su aporte nutricional y que es de fácil digestión y saludable; lo que más disgusta es su rápida perecibilidad, y que es difícil de conseguir. Por otro lado se destaca la alta preferencia de esta raíz en la ciudad de Guayaquil, ello no se traduce en un amplio consumo, ya que

problemas de embalaje y transporte causan daños en este delicado producto, el que no llega al consumidor en las mejores condiciones.

En Cotacachi, el cultivo de la zanahoria blanca estuvo a punto de desaparecer. La llegada de productos alimenticios industrializados provocó que los pequeños productores del sector dejaran de sembrar el tubérculo, cuya semilla es nativa de la sierra norte del país. Sin embargo, la acción de la Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi (UNORCAC) y sus programas de rescate y conservación de los cultivos andinos tradicionales logró salvar a la zanahoria blanca. (Espinoza P., 1997)

### **1.2.1.3 Contextualización Micro**

La UNIPI reporta que el Ecuador importa al año 400.000 toneladas de trigo; de ese monto, un 10 por ciento se dirige hacia la industria de los fideos y pastas, resultando en una producción de pasta de 32.000 toneladas. El consumo de pastas en el Ecuador representa el 2.6% del consumo a nivel mundial. (UNIPI, 2001). Por otro lado según datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2001), el consumo de fideos se cuadruplicó en una década en el país. Además durante el año 2010 las ventas de pasta en el mercado local alcanzaron un crecimiento del 9%, debido su precio y al gran surtido existente. (Euromonitor, 2010)

“En 1994 el consumo diario por cada habitante ecuatoriano era de 10 gramos, mientras que para el 2004 esa cifra pasó a 46. El crecimiento de este producto fue en desmedro de otros productos en especial, del maíz y de la quinua”, comenta Rodrigo Yépez, director del Instituto Superior de Posgrado en Salud Pública de la Universidad Central. (Diario El Comercio, 2005)

En Baños, Tungurahua la zanahoria blanca se produce para el consumo local, pero también constituye la principal zona de producción de la Sierra Centro a través de la feria de Pelileo. Conviene destacar que la producción de zanahoria blanca perdió importancia para dar paso a la producción de frutales como el tomate de árbol o el babaco, así como también la frutilla. El incremento en los costos de producción de estos frutales está haciendo que los agricultores más pobres regresen a la zanahoria blanca que presenta un rendimiento por cultivo de 400 quintales por hectárea. (Espinoza P., 1997). “La producción de zanahoria blanca, resulta más rentable que los cultivos de granadilla y tomate de árbol, debido a que no necesita muchos cuidados; el problema radica en que la cosecha se realiza al año de la siembra”, comenta José Morales, poblador del caserío de Illuchi, del cantón Baños. (2010)

### **1.2.2. Análisis crítico**

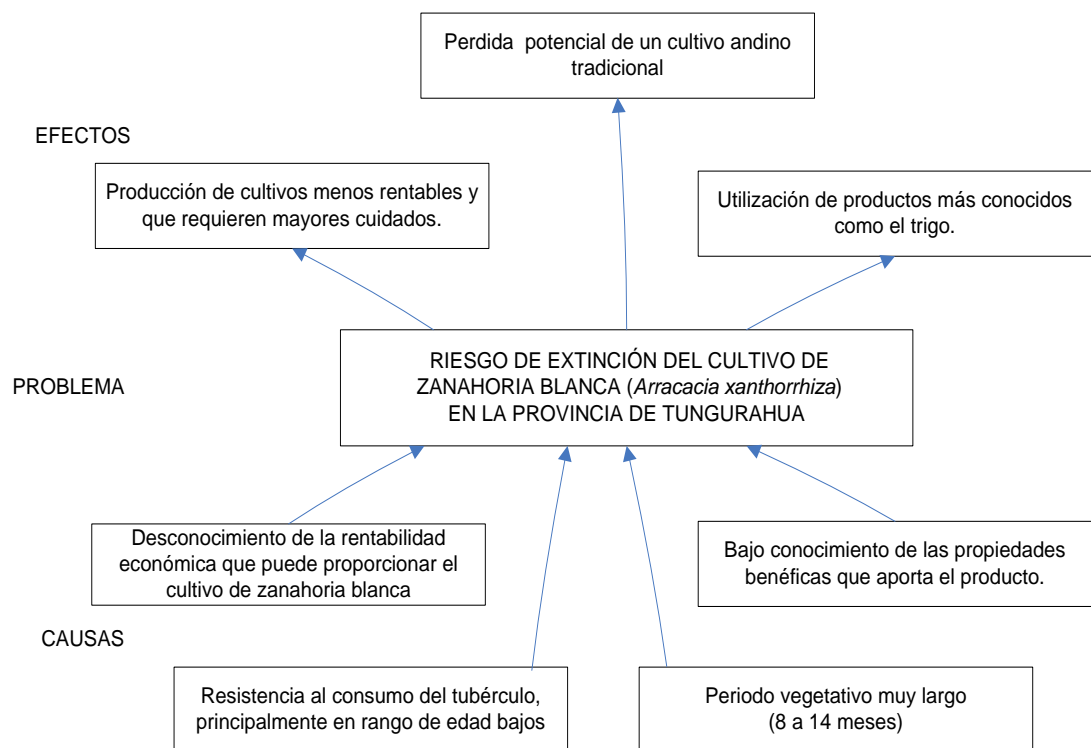
#### **Relación causa – efecto**

En Ecuador no se produce harina de zanahoria blanca, siendo que de las tres variedades de este cultivo, tan solo una es mayormente conocida y esta es comercializada y consumida fresca o mediante algún tipo de procesamiento artesanal. Para la obtención de harina, almidón y otros derivados se utilizan productos más conocidos como la papa, yuca o a su vez trigo, a pesar de que este último tiene una baja producción en el país.

La zanahoria blanca, tiene una baja preferencia por los consumidores con rangos de edad bajos. Por ello, que éstos representan el más alto porcentaje de la población del Ecuador; el potencial de crecimiento del cultivo es mínimo y su producción se ha limitado al consumo animal. Además el cultivo de zanahoria blanca se ha venido limitando debido a su largo ciclo vegetativo.



En el gráfico 1 puede observarse el árbol de problemas del riesgo de extinción del cultivo de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), en la provincia de Tungurahua. Una de las causas es el desconocimiento de la rentabilidad económica que puede proporcionar el cultivo de zanahoria blanca, lo que genera la producción de cultivos menos rentables como el de granadilla.



**Gráfico 3.** Árbol de problemas del riesgo de extinción del cultivo de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), en la provincia de Tungurahua

**Elaborado por:** Verónica Martínez

### 1.2.3. Prognosis

De no llevar a cabo este proyecto se afectará el sostenimiento del cultivo de zanahoria blanca, y en particular difícilmente podrá procesarse su harina. La subvaloración del producto por la falta de información existente acerca de sus propiedades, afectará además la industrialización de sus derivados, lo que ocasionaría la pérdida potencial del cultivo, por la resistencia que presenta la población, especialmente la joven, al consumo de este tipo de raíces y tubérculos.

Por otro lado, el desarrollo de productos que incluyen en su formulación harina de zanahoria blanca lograría disminuir el consumo de harina de trigo importado. Además se afectarían los ingresos económicos que podrían alcanzar los productores (cultivadores) de zanahoria blanca en la provincia de Tungurahua.

### 1.2.4. Formulación del problema

La presente investigación se intitula “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), en la calidad de la pasta”. A continuación se desglosa, las variables asociadas con el problema, que ha sido tipificado como riesgo de extinción del cultivo de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), en la provincia de Tungurahua.

Variable independiente : Sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).

Variable dependiente : Calidad de la pasta.

Estas variables están dadas debido a que las pastas (cortas o largas) son productos que tienen gran aceptación, en la población joven y adulta. Por ello representan una buena opción para difundir el consumo de zanahoria blanca, específicamente de su harina que se incorporara en la fabricación de las mismas.

### **1.2.5. Preguntas directrices**

¿Es posible sustituir parcialmente la harina de trigo por harina obtenida a partir de ZB/CC y ZB/SC para utilizarlo en la producción de pasta para fideos?

¿Cuál sería el rendimiento en la producción de estos dos tipos de harina de zanahoria blanca?

¿Cuáles serían las propiedades físicas, químicas de estos dos tipos de harina de zanahoria blanca?

¿Se verían afectadas las propiedades de calidad de la pasta, elaborada con harina de trigo parcialmente sustituida por harina de zanahoria blanca?

¿El empleo de harina de zanahoria blanca en la elaboración de pasta, resultaría agradable al consumidor?

¿Cuál sería el porcentaje de fibra más adecuado para elaborar pasta de harina de trigo parcialmente sustituida con harina de zanahoria blanca?

### **1.2.6. Delimitación del objeto de investigación.**

**Campo** : Alimentos.

**Área** : Raíces y tubérculos andinos

**Aspecto** : Elaboración de pasta, con la adición de dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), para determinar la manera que influye en la calidad del producto.

**Temporal** : El proyecto será desarrollado a partir de mediados del año 2010 hasta mediados del año 2011, específicamente entre Julio 2010 a Mayo 2011.

**Espacial** : El presente proyecto de investigación se ejecutará en la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Estudios de enriquecimiento de la harina de trigo con harinas no convencionales de raíces y tubérculos, han demostrado que los almidones tienen una baja digestibilidad. Sin embargo, algunas investigaciones referidas a la importancia nutricional del almidón presente en los alimentos, explican que éstos poseen ciertas propiedades benéficas atribuidas a la fibra dietaria, en particular ayudan a disminuir el colesterol. (Rodríguez G., 2001)

La zanahoria blanca es un tubérculo andino que posee sabor agradable y que carece de sustancias indeseables que limitarían su aceptabilidad, razón por la cuál puede ser utilizada para la realización de varios productos. Mediante su industrialización, se conseguiría colocarla en el mercado nacional e internacional, siendo que se alargaría su tiempo de vida útil.

El presente estudio está enfocado en la fabricación de pastas para fideos, con harina de zanahoria blanca. Se pretende determinar los porcentajes adecuados de sustitución de la harina de trigo que permitirán mantener la calidad del producto; y establecer su aceptabilidad principalmente en la población joven del país.

Al incrementar la demanda de zanahoria blanca, como materia prima, se potencializaría la producción de este cultivo, evitando su desaparición. Además conviene señalar que la elaboración de pasta, con harina de zanahoria blanca, no tiene un efecto negativo sobre el medio ambiente, debido a que no existen aguas residuales que resulten contaminantes.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Estudiar los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorriza*) en la calidad de la pasta para fideos.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Elaborar dos tipos de harina de zanahoria blanca a partir del producto con y sin cáscara, proveniente del cantón Baños, provincia de Tungurahua, para su utilización en la sustitución de harina de trigo y consiguiente producción de pasta.
- Analizar las propiedades físico-químicas de los dos tipos de harina de zanahoria blanca (con y sin cáscara).
- Seleccionar los mejores tratamientos evaluando las propiedades de cocción de la pasta.
- Determinar el mejor tratamiento para la elaboración de pasta, mediante una evaluación sensorial.
- Realizar análisis de las propiedades químicas y microbiológicas en el mejor tratamiento establecido para pasta con sustitución parcial de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

La zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) pertenece a la familia de las umbelíferas o apiáceas. Según Montaldo citado por Nogara (1999) es un cultivo que ofrece muy buenas perspectivas económicas en los países productores, debido a la excelente calidad de las raíces tuberosas que produce. Su composición química indica que es una raíz con un elevado contenido de almidón (63,72%) y bajo contenido de grasa y proteína (Cuadro A3, Anexo A). Por ello, Ramos J. (2005) plantea que su industrialización es muy factible debido a su delicado sabor y a la inexistencia de factores anti-nutricionales.

Existen varios estudios referentes a la zanahoria blanca y sus potenciales usos, entre estos encontramos que el tubérculo pierde aproximadamente un 20% en el contenido de cenizas y fibra por efecto del proceso de pelado. Por otro lado, los aminoácidos presentes en la parte comestible son biológicamente incompletos, debido a la presencia de 8 aminoácidos limitantes. (INIAP, 1997). Se ha evaluado también el contenido de fibra dietética en hojuelas fritas con y sin escaldado, reportándose valores que oscilan entre 6.38 y 8.26%, y que presentan buena aceptabilidad. (Noguera Y., 1999)

Además la sustitución de harina de trigo por harina de zanahoria blanca en la elaboración de galletas contribuye en un incremento en las fracciones de fibra,

ceniza y almidón resistente; lo que favorece a la mezcla en el incremento de la absorción de agua y la disminución de la capacidad de absorción de aceite en la masa. (García A., 2007). Al realizar la sustitución en formulaciones para pan, se ha demostrado que la HZB favorece el balance de nutrientes obteniendo un pan con importantes contenidos de proteína, grasa y carbohidratos, además de minerales (especialmente K, Fe por la fortificación P, Ca y Mg) y vitaminas especialmente la A y C. (León M. y Villacorta M., 2010)

Por otro lado, en estudios realizados en almidones de zanahoria blanca se destaca su poder de hinchamiento y facilidad de cocción, dados por su baja temperatura de gelatinización (49°C); permitiendo su uso en el procesamiento de alimentos expandidos. Además sus gránulos no se hinchan excesivamente por lo que contribuyen a una mayor estabilidad del producto. (Fairlie T., 1999)

Se menciona además que su bajo contenido proteico (3.07%) permite que la HZB sea considerada una adecuada materia prima para la elaboración de cerveza tipo Lager porque evita problemas de enturbiamiento permitiendo una mayor vida de anaquel. Además contribuye en el aumento de la cantidad de azúcares y extracto en los mostos lo que a su vez influye positivamente en el rendimiento del producto. (Hernández M. y Navas G., 2003)

Los productos elaborados a partir del trigo, especialmente el pan, fideos y harinas, forman parte importante de la dieta de la mayoría de los países del mundo. Sin embargo, el trigo es un producto de importación en países como Ecuador. Según Malca O. (2001) el empleo de harinas enriquecidas para la elaboración de pastas alimenticias, permitirá abrir un nuevo nicho de mercado, direccionado a satisfacer la necesidad de productos más nutritivos, disminuyendo a su vez la cantidad de trigo empleado en los procesos productivos.

Además resulta importante mencionar que para la evaluación de la calidad de las pastas se emplea generalmente la prueba de cocción, que incluye el análisis del tiempo de cocción, porcentaje de hinchamiento y grado de desintegración, debido a la sencillez, rapidez y gran confiabilidad de esta prueba. Aunque ya existen nuevos métodos para determinar la calidad de la pasta como la utilización de análisis cromatográficos, inmunológicos, etc. (Ongarato G., citado por Pérez W., 2002)

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

Según Mejía E. (2005) la investigación es una actividad orientada a la obtención de nuevos conocimientos y, por esa vía, ocasionalmente dar solución a problemas o interrogantes; partiendo de las bases teóricas respectivas. Además la filosofía esta íntimamente relacionada con la investigación aunque posean sus respectivas diferencias y especificaciones.

Por lo tanto la presente investigación esta basada en el paradigma positivista, por ser cuantitativo y analítico racionalista. Teniendo una orientación prediccionista, dada por el planteamiento de las hipótesis y la realización de experimentaciones cuyas valoraciones son analizadas estadísticamente. Además la investigación es de tipo causal comparativo porque no se manipula la variable independiente, pero se determina su efecto en la variable dependiente. Sin embargo, la investigación desarrollada desde el punto de vista filosófico también es cuali-cuantitativo porque evalúa los atributos sensoriales, mediante catadores.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La investigación se respaldó en las siguientes normas del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización y otras normativas.



- INEN 524. Harinas de origen vegetal. Determinación del almidón.
- INEN 526. Harinas de origen vegetal. Determinación del pH de la harina.
- INEN 616. Harina de trigo. Requisitos
- INEN 1375 para pastas alimenticias o fideos.

#### Normativa del CODEX

- CODEX STAN 152-1985 para la harina de trigo
- CODEX STAN 249-2006 para los fideos instantáneos.

#### Normativa Boliviana

- NORMA IBNORCA, EQNB 39001. Harina y derivados - Pastas alimenticias o fideos – Requisitos.

#### Requisitos técnicos

Las pastas alimenticias o fideos, se tienen que ajustar a los requisitos técnicos de calidad, siguientes:

**Cuadro 2.** Requisitos técnicos máximos para pastas o fideos cocidos

<b>Producto</b>	<b>Grado de desintegración (% Sólidos residuales en el agua de cocción)</b>
Fideo corriente formato pequeño y grande	12
Fideo especial	7

**Fuente:** Norma IBNORCA, 2008

**Elaborado por:** Verónica Martínez

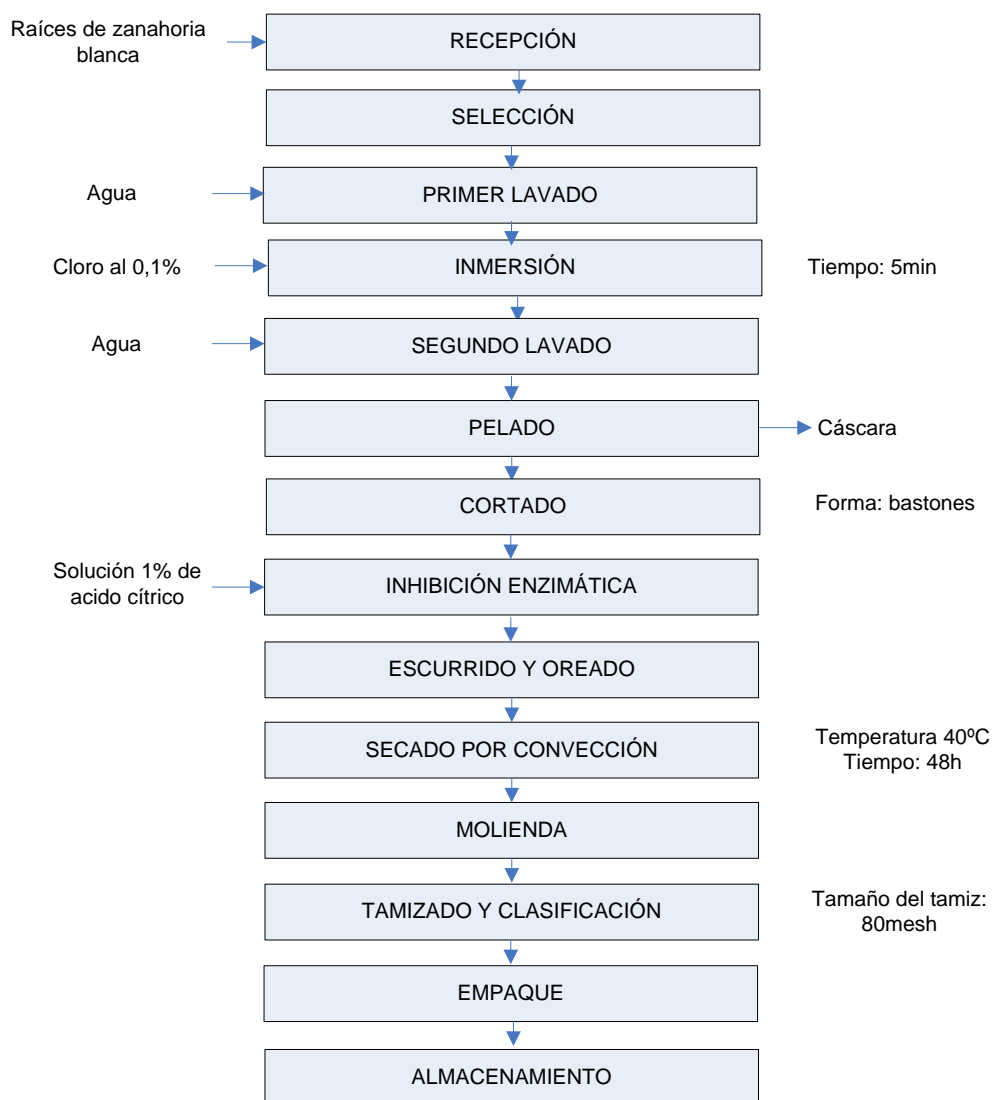
## 2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

### 2.4.1. Descripción del proceso

### 2.4.1.1 Proceso de elaboración de harina de zanahoria blanca

La obtención de harina de zanahoria blanca se realizó con la muestra entera y también con la parte comestible (sin cáscara). El proceso seguido se describe en el diagrama del gráfico 2.

**Gráfico 4.** Diagrama de flujo de la elaboración de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) sin cáscara.



**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Recepción y selección:** Primero se reciben y seleccionan de acuerdo al tamaño las raíces de zanahoria blanca. Para la elaboración de HZB/CC y de HZB/SC se empleó 97.1kg y 129.4kg respectivamente, habiéndose utilizado zanahoria blanca de segunda (más pequeñas), con lo cuál se han reducido los costos.

**Primer lavado:** Se retira la tierra y demás impurezas, en forma manual, con agua limpia; teniendo mayor cuidado en el caso de la harina de zanahoria blanca, con cáscara.

**Inmersión:** Para disminuir la carga microbiana, se coloca la zanahoria blanca en una solución de cloro al 0.1% por un tiempo de 5min. Nótese que el cloro ataca la pared celular de los microorganismos y por tanto es un desinfectante de rápido efecto.

**Segundo lavado:** Para eliminar los residuos de cloro de la muestra.

**Pelado:** Se realiza para el caso de la HZB/SC. El peso de la cáscara obtenida fue de 28.3kg, lo que corresponde a un 22% del peso total de la materia prima. En consecuencia para el proceso de cortado se han utilizado 101kg.

**Cortado:** Se realiza en forma de bastones, en una máquina cortadora de papas.

**Inhibición Enzimática:** Se sumerge inmediatamente a los bastones cortados, en una solución de ácido cítrico al 1%. El ácido cítrico es un acidulante, que disminuye el pH evitando el pardeamiento.

**Ecurrido y oreado:** Estas operaciones permiten disminuir el tiempo de secado.

**Secado por convección:** Se trabaja a una temperatura de 40°C, por un tiempo de 48h, lo que permite disminuir el contenido de humedad de la zanahoria blanca. Después del secado se obtuvieron 20.2kg y 23.3kg, respectivamente de HZB/CC y la HZB/SC. Ello corresponde, en su orden a una pérdida de peso del 79.2% y 76.9%.

**Molienda:** Se realiza en un molino cilíndrico con muelas de acero, de un tamiz de 1.5  $\mu$ m. El molino trabaja a 2.750 rpm; llegando a procesar 5qq/h de carga pesada y 20qq/h de carga liviana. Este proceso genera un porcentaje de pérdidas comprendido entre el 5% y 7% para la HZB/CC y HZB/SC.

**Tamizado y clasificación:** La clasificación de la harina se realiza pasándola por un tamiz de 80mesh, obteniendo harina de grano fino. El tamizado genera un porcentaje de afrecho del 34% para ambos tipos de harina; el mismo que puede ser aprovechado para alimentación animal.

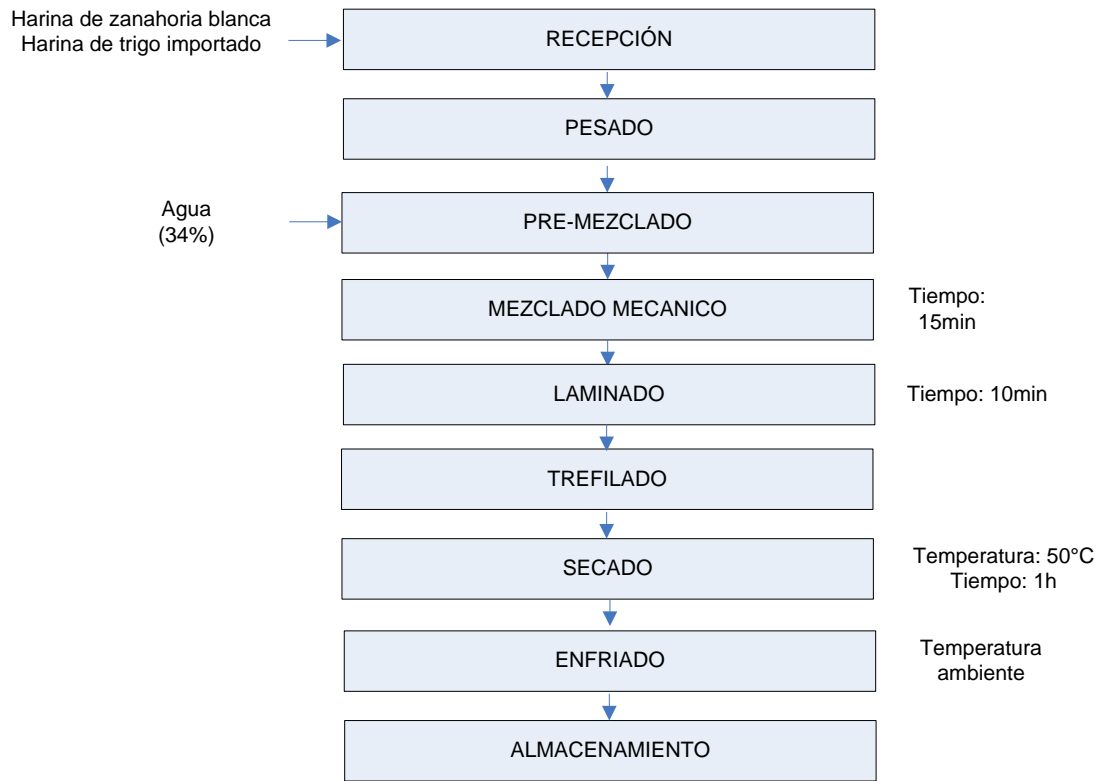
**Empaque:** Se realiza en fundas de polietileno de alta densidad para proteger al producto de la humedad. Para la HZB/CC y HZB/SC se obtuvo como producto final la cantidad de 12.1kg y 13.5kg, que representan un rendimiento de 12.4% y 10.4% respectivamente.

**Almacenamiento:** Se realiza en lugares frescos, para mantener la humedad del producto.

#### **2.4.1.2 Proceso de elaboración de pasta**

La elaboración de pasta se realiza de acuerdo al diagrama indicado en el gráfico 3:

**Gráfico 3.** Diagrama de flujo para la elaboración de pasta



**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Recepción:** Se trabaja con harina de zanahoria blanca y de trigo importado, en dependencia de la cantidad que se elabora de pasta.

**Pesado:** Se realiza independientemente para cada formulación, de acuerdo a los porcentajes de sustitución experimentales.

**Pre-mezclado:** Se realiza en forma manual, mientras se adiciona un 34% de agua, en función de la cantidad de harina.

**Mezclado mecánico:** Se realiza en una amasadora, por un tiempo de 15min.

**Laminado:** Con la masa obtenida se realiza el laminado por un tiempo de 10min, o hasta que se forme una pasta uniforme.

**Trefilado.-** Se realiza introduciendo la pasta anterior en cilindros cortadores, que permiten obtener láminas de pasta con el espesor y longitud deseada.

**Secado:** Se realiza en un secador a temperatura de 50°C, por el lapso de 1 hora, colocando la pasta formada en bandejas de superficie perforada.

**Enfriado:** Se realiza a temperatura ambiente, en un lugar fresco y ventilado.

**Almacenamiento:** Se realiza en empaques adecuados, que aíslen la humedad.

## 2.5. HIPÓTESIS

### 2.5.1 Diseño Experimental

La fase experimental, consta de tres fases. En la primera fase se evalúa el rendimiento de los dos tipos de harina de zanahoria blanca (con y sin cáscara); en la segunda fase se caracteriza los dos tipos de harina, mediante análisis físicos y químicos. En ensayos que se realizan por duplicado; y finalmente en la tercera fase se elabora la pasta, aplicando un diseño experimental 2x3, en el que intervienen los siguientes factores: factor A, tipos de harina de zanahoria blanca con dos niveles; y factor B, porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de zanahoria blanca con tres niveles. En consecuencia, los factores de estudio y niveles han sido los siguientes:

A: Tipos de harina:

$a_0$  = Harina de zanahoria blanca con cáscara, HZB/CC

$a_1$  = Harina de zanahoria blanca sin cáscara, HZB/SC

B: Porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca

$$b_0 = 5\%$$

$$b_1 = 10\%$$

$$b_2 = 15\%$$

Lo anterior implica que se ha trabajado con 6 tratamientos en 3 replicas, es decir 18 corridas experimentales ejecutadas aleatoriamente. Los niveles se han planteado sobre la base de un estudio de sustitución de harina de trigo, por harina de quinua. (Castro J. 1965)

Primero se ha determinado la calidad de cocción de la pasta, evaluándose las siguientes variables: tiempo de cocción, porcentaje de hinchamiento y % de grado de desintegración. Posteriormente se evaluó la calidad sensorial en los dos mejores tratamientos; en esta fase se aplicó un diseño de bloques en el cuál se ha aislado el efecto de los catadores. En el mejor tratamiento, se analizaron las propiedades químicas y la calidad microbiológica de la pasta.

### **2.5.2 Hipótesis**

Sobre la calidad de cocción de la pasta las hipótesis son las siguientes:

(1)  $H_0$ : El uso de dos tipos de harina de zanahoria blanca, no influye en la calidad de cocción de la pasta.

$H_i$ : El tipo de harina de zanahoria blanca influye estructuralmente sobre la calidad de cocción de la pasta.

(2)  $H_0$ : El porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca, no influye en la calidad de cocción de la pasta.

H<sub>i</sub>: El porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca, influye estructuralmente sobre la calidad de cocción de la pasta.

(3) H<sub>0</sub>: El efecto combinado entre tipo de harina de zanahoria blanca y porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca, es nulo.

H<sub>i</sub>: El efecto combinado entre tipo de harina de zanahoria blanca y porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca, es significativamente distinto.

Sobre la evaluación sensorial:

H<sub>0</sub>: El efecto de los tratamientos en la calidad sensorial de la pasta es el mismo.

H<sub>i</sub>: El efecto de los tratamientos en la calidad sensorial de la pasta es significativamente diferente.

## 2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Por lo expuesto las variables son:

Variable independiente : Sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).

Variable dependiente : Calidad de la pasta.



## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 ENFOQUE**

El presente trabajo ofrece la posibilidad de analizar los resultados tanto de forma cuali-cuantitativa (análisis de las características sensoriales), como cuantitativo (valoración de las propiedades, físicas, químicas, y recuento microbiológico en la pasta). Además se caracteriza la materia prima, zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*). Los datos obtenidos son analizados mediante el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS 7.0.

### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se basa en las siguientes modalidades:

**Bibliográfica-documental:** que consiste en la recopilación de información, acerca de la zanahoria blanca y su procesamiento en harina, las propiedades físico químicas de esta última; el procesamiento de la pasta, y los respectivos análisis que determinan la calidad de la misma.

**Experimental:** que consiste en la evaluación de las diferentes características que atribuyen calidad a la pasta de cada uno de los tratamientos establecidos, que relacionan a la variable dependiente e independiente; y por la caracterización físico química que se realiza a la harina de zanahoria blanca.

### **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Exploratoria: se identifica los efectos que generan los dos tipos de harina de zanahoria blanca (con y sin cáscara), en la calidad de la pasta; lo que permite establecer los mejores tratamientos.

Descriptiva: se compara la calidad de la pasta elaborada solamente a base de harina de trigo, con los que se les incorpora harina de zanahoria blanca.

Asociación de variables: se evalúa como influye el porcentaje de adición de harina de zanahoria blanca en la calidad de la pasta.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Las muestras de zanahoria blanca se han obtenido del mercado de Baños sin aplicar criterios estadísticos de selección. Para la evaluación sensorial la población lo constituyen los estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y como muestra a 15 alumnos escogidos aleatoriamente.

### **3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

**Tabla 3. VARIABLE INDEPENDIENTE:** Sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p>Sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca.</p> <p>Se conceptúa como:</p> <p>El porcentaje de harina de zanahoria blanca, en la formulación de pasta. La harina va a ser obtenida, de la zanahoria blanca, con y sin cáscara.</p>	<p>Harina de zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)</p> <p>Porcentajes de sustitución</p>	<p>Rendimiento</p> <p>Propiedades físico químicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidón</li> <li>- pH</li> <li>- Humedad</li> <li>- Fibra</li> </ul> <p>Tratamientos:</p> <p><math>a_0 = \text{HZB/CC}</math>  <math>a_1 = \text{HZB/SC}</math></p> <p><math>b_0 = 10\%</math>  <math>b_1 = 15\%</math>  <math>b_2 = 20\%</math></p>	<p>¿Cuánto varía el rendimiento en la obtención de harina, en función de la metodología empleada?</p> <p>¿Las propiedades físico químicas de los dos tipos de harina, son similares?</p> <p>¿El uso de dos tipos de harina de zanahoria blanca, influye en la calidad de la pasta?</p> <p>¿La sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca, influye en la calidad de la pasta?</p> <p>¿Cuál tratamiento es el mejor?</p>	<p>Balanza</p> <p>INEN 524 INEN 526 Balanza IR</p> <p>Balanza analítica Experimentación</p>

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla 4. VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad de la pasta**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p>Calidad de la pasta</p> <p>Se conceptúa como: El grado en el cual, el consumidor, se sentirá satisfecho al consumir el producto. Para ello se debe garantizar que cumpla con todos los requerimientos (propiedades) tanto en la pasta seca, como en la cocida. Haciéndose necesario la realización de una evaluación sensorial y la realización de análisis microbiológicos.</p>	Pasta cocida	<p>Tiempo de cocción.</p> <p>Porcentaje de hinchamiento</p> <p>Grado de desintegración (%)</p>	<p>¿La sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca, influye en las propiedades de cocción?</p> <p>¿Cuáles son los dos mejores tratamientos, en base a la evaluación de las propiedades de cocción?</p>	Hojas guías de tecnología de cereales. (Evaluación de pastas)
	Evaluación sensorial	<p><i>Calidad de cocción</i></p> <p>Coloración</p> <p>Aceptabilidad</p> <p>Firmeza</p> <p>Pegajosidad</p> <p>Apelmazamiento</p>	<p>¿La calidad sensorial de la pasta, se ve afectado por las variables en estudio?</p> <p>¿Cuál es el mejor tratamiento?</p>	Panel de catadores Análisis estadístico
	Propiedades químicas	<p>Humedad</p> <p>Sólidos totales</p> <p>Cenizas</p> <p>pH</p> <p>Fibra</p> <p>Proteína</p>	<p>¿La adición de harina de zanahoria blanca, no altera las propiedades químicas establecidas para pastas?</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de fibra y proteína de las pastas, que resultan del mejor tratamiento?</p>	NORMA INEN 1375 Hoja guía de análisis de los alimentos (Análisis de fideos, macarrones y productos similares)
	Análisis microbiológico	<p>Contaje de microorganismos.</p>	<p>¿La cantidad de microorganismos, esta dentro de los límites establecidos?</p>	NORMA INEN 1375

**Elaborado por:** Verónica Martínez

### **3.6. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

#### **Primera Fase. Elaboración de harinas**

Se han elaborado harina de zanahoria blanca con y sin cáscara, registrando los pesos correspondientes, para la evaluación del rendimiento. Se han utilizado tamices de 80 mesh.

#### **Segunda Fase. Análisis físico-químico en harinas**

Se han realizado los siguientes ensayos.

- Almidón, mediante la norma INEN 524.
- pH, con el empleo de un pH-metro.
- Humedad, en una balanza IR.
- Fibra, mediante el método MO-LSAIA-01.05.

#### **Tercera Fase. Elaboración de pasta**

**(a)** Se han elaborado seis diferentes pastas, en base a las condiciones experimentales establecidas.

**(b)** Se han analizado los siguientes factores:

- Tiempo de cocción: se determina al colocar la muestra en agua, en una relación 1:10 (50g en 500ml de agua) y registrando inmediatamente antes que desaparezca el nervio en el centro de la pasta.
- Porcentaje de hinchamiento: para ello se determina el peso de la pasta seca y de la pasta cocida.
- Grado de desintegración (%): la pasta se pesa en una cantidad de 50g en 500 ml de agua, y se somete a cocción. Para determinar el grado de desintegración se coloca en cajas petri 20ml de agua de cocción y 20ml de agua de lavado, trabajando por triplicado; inmediatamente se lleva a la estufa, hasta evaporar el agua y obtener el peso del sedimento.

(c) La evaluación sensorial, ha incluido las siguientes características organolépticas:

- Color: permite evaluar si el color obtenido en la pasta es agradable.
- Apelmazamiento: es el grado de soltura de la pasta al visualizarla.
- Firmeza: es la resistencia de la pasta cocida al masticarla.
- Pegajosidad: es la fuerza de adherencia de la superficie de la pasta a la lengua o paladar.
- Aceptabilidad: es la característica que indica si la pasta es aceptable.

(d) En el mejor tratamiento identificado se han analizado las siguientes propiedades físico-químicas:

- Humedad
- Sólidos totales
- Cenizas
- pH
- Fibra
- Proteína

(e) La calidad microbiológica, se ha determinado en base al: recuento total de bacterias mesófilas (PCA), recuento de mohos, levaduras (PDA), y recuento de *Coliformes totales*. Para la preparación de la muestra se estableció la siguiente relación: 10g de muestra en 90ml de agua.

### **3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

La información, se ha evaluado mediante la hoja electrónica de Excel, en la que se analizan las tablas y resultados obtenidos durante la fase experimental. Además se ha empleado el software estadístico STATGRAPHICS 7.0 para el cálculo de los análisis de varianza necesarios.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. RESULTADOS**

Los datos obtenidos y los correspondientes análisis estadísticos, se presentan en los Anexos B y C respectivamente. Son reportados los rendimientos y análisis de los dos tipos de harina, evaluación de la calidad de cocción y sensorial de la pasta. Además los resultados de los análisis físico- químicos y la calidad microbiológica del mejor tratamiento.

#### **4.2. DISCUSIÓN**

##### **4.2.1 Rendimiento y propiedades físico-químicas de los dos tipos de harina**

Para los dos tipos de harina elaboradas los rendimientos fueron altos, reportándose un rendimiento del 99.8% en base seca y en relación peso/peso fueron bajos obteniendo un 12.4% y 10.4% para HZB/CC y HZB/SC respectivamente. (Tabla C1, Anexo C).

Los dos tipos de harina de zanahoria blanca, presentan gránulos esféricos y de un tamaño mayor al de la harina de trigo (Fotografía E1 y E2, Anexo E). Villacrés (1998), reporta que los gránulos de los almidones de zanahoria blanca tienen un tamaño en el eje mayor de  $9.6\pm 1.7$  micras y en el eje menor  $5.9\pm 1.8$  micras, mientras que Rojas (2000) menciona que los de harina de trigo presentan un diámetro inferior a 10 micras (Gómez M., 2006).

La humedad de los dos tipos de harina de zanahoria blanca (Tabla C2, Anexo C) esta comprendida entre el 7 y 8% por lo que se encuentra dentro de las normas CODEX, que establecen un 15.5% como valor máximo; siendo que un contenido mayor propiciaría la proliferación de hongos en la superficie de la pasta, en periodos cortos (Pérez W. y col., 2002). El porcentaje de fibra obtenido es comparativamente más alto que el de la harina de trigo. En efecto reportamos 3.13% y 3.02% para la HZB/CC y HZB/SC respectivamente; mientras que el de la harina de trigo es de 0.25%. (Cuadro A5, Anexo A)

#### **4.2.2 Evaluación de la pasta cocida**

En la pasta cocida, se analizó la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca, haciendo énfasis en las principales propiedades de cocción. Las diferentes formulaciones empleadas se detallan en la Tabla B3 (Anexo B) y a continuación se discuten los resultados en base a tres determinaciones o réplicas por formulación.

##### **4.2.2.1 Tiempo de cocción**

El tiempo óptimo de cocción en una pasta es el tiempo necesario, para obtener una completa gelatinización del almidón. (Ovando. M, 2008). En la tabla B4 (Anexo B) y el gráfico D1 (Anexo D) se aprecia que al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de trigo, cualquiera que haya sido el tipo de harina de zanahoria blanca empleada el tiempo de cocción disminuye, estableciéndose una relación inversamente proporcional. Mediante el análisis de varianza, que se observa en la tabla C6 (Anexo C), se evidencia que hay efecto combinado significativo entre el tipo de harina (factor A) y los niveles de sustitución (factor B). Además que el efecto de los factores principales también son significativos.



Se encontró que los tiempos óptimos de cocción para pastas con sustitución parcial de harina de trigo por HZB/SC, son superiores con respecto al testigo (16,4min) y al emplear HZB/CC a partir del 10% son inferiores (Tabla B4, Anexo B). Los tiempos más bajos de cocción se dan para las pastas elaboradas con HZB/CC, obteniéndose para el 15% de sustitución los siguientes tiempos: 16.5min (HZB/SC) y 13.5min (HZB/CC); estableciéndose este último como el mejor tratamiento de acuerdo al análisis estadístico.

La HZB, genera bajos tiempos de cocción debido a la influencia del contenido de amilosa y proteína. En lo que respecta al contenido de amilosa, la HZB presenta un 20% y la harina de trigo un 25%. La amilosa es la responsable de que el almidón gelatinice y de la temperatura a la que se da este proceso. Rodríguez (2005) reporta como temperatura de gelatinización para el almidón de trigo, al intervalo comprendido entre 58°C a 64°C, y para el almidón de zanahoria blanca las temperaturas entre 49°C y 65°C (Cuadro A6, Anexo A) por lo cuál la pasta elaborada con harina de zanahoria blanca alcanzó más rápido la temperatura a la cual se inicia la cocción.

En lo que al contenido de proteína se refiere, la HZB presenta apenas un 2%, mientras que la harina de trigo tiene un 12%. (Kremer R., 2000). No obstante, el bajo contenido proteico de la HZB hace que el almidón de la pasta cocida, se desintegre más rápido de la matriz, ocasionando una rápida cocción; siendo esto más evidente en las pastas elaboradas con HZB/CC (3.13% de fibra).

#### **4.2.2.2 Porcentaje de hinchamiento**

El porcentaje de hinchamiento, está relacionado con la capacidad del almidón para absorber agua durante un cierto periodo de tiempo, mismo que se cuantifica en base al IAA (García A. y Pacheco E., 2007). Los resultados que se indican en la tabla C7 (Anexo C) y el gráfico D2 (Anexo D) muestran que al incrementar el porcentaje de sustitución mayor será el porcentaje de

hinchamiento, estableciéndose una relación directamente proporcional. El efecto combinado entre el tipo de harina (factor A) y los niveles de sustitución (factor B) no resulta significativo para esta variable según el análisis de varianza mostrado en la tabla C7 (Anexo C), sin embargo el efecto de los factores principales si son significativos. Se evidencia un mayor porcentaje de hinchamiento en la pasta elaborada con HZB/SC al 15% de sustitución (163.5%), valor que es superior en un 2.9% al obtenido con el testigo (160.6%), lo que se corrobora al realizar la prueba de Tukey para el nivel de sustitución (factor B), estableciéndose entonces al 15% como el mejor porcentaje cualquiera que sea el tipo de harina empleada.

Se ha reportado en galletas tipo wafer una mayor capacidad de absorción de agua en la masa elaborada con la harina compuesta de zanahoria blanca que en la masa formulada con 100% de harina de trigo; lo que esta relacionado inversamente con el contenido de amilopectina, teniendo un porcentaje del 80% en HZB y en la harina de trigo de un 75%. Otros investigadores como Morrison (1990) afirman que la amilopectina es la principal responsable del hinchamiento y viscosidad de la pasta del almidón (García A, 2007) de ahí que la pasta elaborada con HZB/SC presente mayor porcentaje de hinchamiento. Además influye el tamaño de los gránulos de almidón, ya que se ha comprobado que cuanto mayor sea éste, mayor será la capacidad de absorción de agua de la pasta. (Enciclopedia Wikipedia, 2011).

#### **4.2.2.3 Grado de desintegración**

Cole establece que durante la cocción la pasta debe mantener su forma sin desintegrarse, mientras son liberadas al agua de cocción pequeñas cantidades de material solido (Ovando, 2008), estableciendo así al grado de desintegración como el principal atributo de calidad de una pasta. En los gráficos D3, D4 (Anexo D), se aprecia que un mayor porcentaje de sustitución eleva el grado de desintegración, apreciándose igual efecto en el

agua de cocción y de lavado. En las tablas C8 y C9 (Anexo C), se expone el análisis de varianza para el grado de desintegración, evidenciándose que el efecto combinado entre el tipo de harina (factor A) y los niveles de sustitución (factor B) resulta significativo, así como sus correspondientes efectos de los factores principales.

Además la prueba de Tukey establece al tratamiento  $a_1b_0$  (12.2%), como el de menor grado de desintegración para el agua de cocción y para el agua de lavado al subconjunto formado por  $a_1b_0$  (3.6%) y  $a_1b_1$  (4.9%). Lo que permite seleccionar como mejor tratamiento para este parámetro de cocción a  $a_1b_0$  (Harina de trigo 95% + HZB/SC al 5%); sin embargo este valor es mayor al reportado, como requisito técnico de calidad para pastas del 12% (Cuadro 1, Normativa Boliviana).

Lo que ocasiona las pérdidas por cocción, es la desorganización de la matriz proteica, según Cleary y col. (2006) una proteína débil o discontinua, permite la liberación de grandes cantidades de exudados durante la gelatinización del gránulo de almidón (Ovando M., 2008), lo cuál se ve reflejado en la cantidad de sólidos liberados en el agua de cocción y lavado.

Por lo que hay que destacar que el gluten presente en el trigo tiene la capacidad de retener al almidón de la harina durante la cocción. Por ello el trigo, con alto porcentaje de gluten, es usado en la fabricación de fideos y pastas; obteniendo entonces que la pasta elaborada con 100% harina de trigo, presenta un menor porcentaje de desintegración para el agua de cocción (8.7%) en comparación al reportado para  $a_1b_0$ , con una diferencia de 3.5%; reportándose un comportamiento similar en la evaluación de la variable para el agua de lavado. Sin embargo el contenido de proteína para pasta a un nivel de sustitución del 5%, no difiere del testigo (100% harina de trigo), obtenido un 14.6% y 14% respectivamente.

Por lo tanto los altos valores de pérdidas por cocción, pueden estar dados por la disminución de la calidad de la proteína, al aumentar el porcentaje de sustitución en las pastas.

#### **4.2.3 Selección de los dos mejores tratamientos**

Mediante la evaluación de las propiedades de cocción de la pasta, se establece como mejores a los tratamientos:  $a_0b_2$  (Harina de trigo 85% + HZB/CC 15%) por tener el menor tiempo de cocción, 13.5min y  $a_1b_0$  (Harina de trigo 95% + HZB/SC 5%) por su bajo grado de desintegración, 12.2% y 3.6% para agua de cocción y lavado respectivamente. Para el porcentaje de hinchamiento el factor que influye favorablemente es  $b_2$  que indica un 15% de sustitución para la elaboración de pastas, con lo cuál puede evidenciarse que representa lo mismo utilizar una combinación de  $a_0b_2$  o  $a_1b_2$ .

Sin embargo hay que mencionar que menores tiempos de cocción generan mayores grados de desintegración en pastas elaboradas con HZB (Gráfico D5, Anexo D), siendo más evidente este fenómeno para el agua de cocción. Pero resulta importante evaluar sensorialmente  $a_0b_2$  a pesar de su alto grado de desintegración, debido a que se busca conocer si las pastas elaboradas con mayores porcentajes de sustitución resultan aceptables.

Hay que mencionar que para un nivel de significancia de 0.05%, las replicas no presentan diferencia significativa en ninguna de las evaluaciones realizadas a la pasta cocida.

Por lo anteriormente mencionado las muestras que han sido evaluadas sensorialmente fueron:  $a_0b_2$  (T2, Harina de trigo 85% + HZB/CC 15%),  $a_1b_0$  (T3, Harina de trigo 95% + HZB/SC 5%), y el control (T1, 100% harina de trigo), trabajando con un panel de 15 catadores escogidos aleatoriamente. En esta evaluación la pasta fue sometida a cocción, durante el tiempo previamente establecido para cada tratamiento y además las muestras se

encontraban libres de aderezos y sin acompañamiento de otro tipo de alimento.

#### **4.2.4 Evaluación sensorial**

##### **4.2.4.1 Color**

La coloración es un atributo de calidad, referente al aspecto visual que presenta la pasta. Para la valoración de este atributo se empleó una escala estructurada comprendida entre 1 "marrón intenso" a 5 "blanco" obteniéndose las siguientes calificaciones: 4, 2.70 y 1.67 para T1, T3 y T2 respectivamente (Gráfico D6, Anexo D).

Los resultados del análisis de varianza indican que el efecto de los tratamientos influye significativamente en la coloración a un nivel de significancia de 0.05%. (Tabla C11. Anexo C). Además mediante la prueba de Dunnett se observa que los tratamientos elaborados con HZB, difieren del tratamiento control a un nivel de significación de 0.05%, esto está dado por la coloración marrón propia de la harina de zanahoria blanca. Se establece como mejor tratamiento al T3 ( $a_1b_0$ ), debido a que presenta menor variación con respecto al control.

##### **4.2.4.2 Apelmazamiento**

El apelmazamiento, hace referencia al grado de soltura de la pasta al visualizarla. Este atributo fue evaluado mediante una escala hedónica estructurada que va en un rango desde 1 "muy pegados" a 5 "muy sueltos"; obteniéndose para T1, T3 y T2 los siguientes valores promedio: 3.1, 2.6 y 2.53 respectivamente (Graf. D7, Anexo D).

En la tabla C12 (Anexo C) se observa el análisis de varianza que indica influencia en el efecto de los tratamientos a un nivel de significancia del 0.05%. Además mediante la prueba de Dunnet ( $\alpha=0.05\%$ ) se establece que los tratamientos elaborados con HZB, difieren del tratamiento control; designándose como mejor tratamiento al T3 debido a que presenta mayor soltura; por lo tanto un mayor porcentaje de fibra disminuye el apelmazamiento de la pasta.

#### **4.2.4.3 Firmeza**

La firmeza es la resistencia de la pasta cocida al masticarla, para su correspondiente valoración se empleo una escala hedónica comprendida entre 1 "muy duro" a 5 "muy suave"; obteniendo valores en orden decreciente de 3.03, 2.97 y 2.87 para T2, T3, T1 respectivamente (Graf. D8, Anexo D). Mediante el análisis de varianza (Tabla C13, Anexo C) se evidencia que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha=0.05\%$ ), lo que indica que la HZB no tiene influencia sobre este parámetro de calidad.

#### **4.2.4.4 Pegajosidad**

La pegajosidad es la fuerza con la que la superficie de la pasta se adhiere a la lengua. Se aprecia en el análisis de varianza mostrado en la tabla C14 (Anexo C) que existe diferencia significativa entre los tratamientos a un nivel de significación de 0.05%. Los datos fueron obtenidos mediante una escala hedónica estructurada que va desde 1 "muy pegajoso" a 5 "nada pegajoso"; estableciendo como mejor tratamiento a T3, que no presenta diferencia significativa con respecto al control; obteniéndose valoraciones de 3.7 (T3) y 4 (T1). Además se aprecia que conforme incrementa el porcentaje de sustitución, también lo hace la pegajosidad, estableciéndose una relación directamente proporcional.

#### **4.2.4.5 Aceptabilidad**

La aceptabilidad es el grado de aceptación que tiene cada uno de los tratamientos. Para la evaluación de este atributo se empleo una escala hedónica estructurada de 5 puntos que va desde 1 "desagrada mucho" a 5 "agrada mucho" obteniéndose como resultado lo siguiente: 3.67 (T1), 3.43 (T3) y 3.03 (T2).

Mediante el análisis de varianza (Tabla C15, Anexo C) se observa que el efecto de los tratamientos influye significativamente en este atributo de calidad a un nivel de significancia del 0.05%; mientras que la prueba de Dunnet evidencia que solo el T3 no difiere significativamente del control. Por otro lado se observa en el gráfico D9 (Anexo D), que al aumentar el porcentaje de sustitución, el grado de aceptación disminuye.

#### **4.2.5 Selección y evaluación del mejor tratamiento**

Mediante la evaluación sensorial se estudiaron cinco parámetros de calidad: color, apelmazamiento, firmeza, pegajosidad y aceptabilidad; en una escala hedónica estructurada que va desde 1 a 5, donde los promedios mas altos indican mejores características. Las cataciones fueron realizadas por personas de edad comprendida entre los 18 y 25 años de edad.

Es importante mencionar que mediante el análisis de varianza se aprecia que no existe diferencia significativa entre los catadores (bloques), para ninguno de los casos, a un nivel de significancia de 0.05%. Mientras que para los tratamientos, solo en la firmeza no se aprecia diferencia significativa.

Se determina como mejor tratamiento al T3, pasta elaborada con HZB/SC al 5% de sustitución, debido a que en todos los parámetros presenta menor o ninguna variación con el control (100% harina de trigo). Esto es indicativo de

que mayores porcentajes de sustitución de harina de trigo por HZB, afectan la calidad sensorial de la pasta, de ahí la baja preferencia por los consumidores con rangos de edad bajos para el tratamiento 2 (HZB/CC al 15% de sustitución).

#### **4.2.5.1 Propiedades químicas**

El análisis proximal demostró que la pasta elaborada con sustitución parcial de harina de trigo por harina de zanahoria blanca al 5% cumple con lo establecido por la norma INEN 1375 para pastas (Tabla C16, Anexo C). Además que su porcentaje de proteína no presenta diferencia significativa con una pasta elaborada con 100% de harina de trigo (Cuadro A8, Anexo A) y que este porcentaje de sustitución otorga un 0.57% de fibra.

#### **4.2.5.2 Análisis microbiológico**

Los análisis microbiológicos realizados para pasta con sustitución parcial de harina de trigo por HZB/SC al 5%, indican que la muestra cumple con los requisitos establecidos por la Norma INEN 1375 y la Norma IBNORCA EQNB 39001 (Tabla C17, Anexo C).

Resulta importante mencionar que el recuento de aerobios mesófilos indican la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación e higiénicas de la materia prima. Los mohos y levaduras se pueden encontrar en equipos sanitizados inadecuadamente provocando el deterioro físico-químico de los alimentos, lo que genera mal olor, alterando el sabor y el color de la superficie contaminada. Y finalmente los *coliformes totales* son indicadores de las prácticas sanitarias y de la calidad de agua empleada. (Martínez M., 2010). Por lo expuesto anteriormente, se puede afirmar que las pastas elaboradas presentan una adecuada calidad sanitaria, mantenida durante todo el proceso de producción y almacenamiento.



### **4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

#### **4.3.1 Calidad de cocción de la pasta**

Para la evaluación de la calidad de cocción de la pasta, se estudiaron los siguientes atributos: tiempo de cocción, porcentaje de hinchamiento y grado de desintegración.

Para todos los atributos estudiados se rechaza  $H_0$ , que hace referencia por una parte al uso de dos tipos de HZB y por otro lado al porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca; siendo que estos factores si influyen en la calidad de cocción de la pasta. Y para el efecto combinado entre tipo de HZB y porcentaje de sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca, la  $H_0$  se acepta solamente para el porcentaje de hinchamiento.

#### **4.3.2 Evaluación sensorial**

En la evaluación sensorial, se estudiaron los siguientes atributos: color, apelmazamiento, firmeza, pegajosidad y aceptabilidad.

Para el diseño experimental de bloques completos, aplicado para las cataciones de los dos mejores tratamientos y el testigo se acepta  $H_0$  solo para la firmeza, por lo tanto el efecto de los tratamientos en este atributo sensorial es el mismo.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de zanahoria blanca al 5%, 10% y 15% influye en la calidad de cocción de la pasta; a mayores porcentajes de sustitución, disminuye el tiempo de cocción y el grado de aceptación de la pasta e incrementa el porcentaje de hinchamiento y el grado de desintegración.

La metodología desarrollada consiste en las siguientes operaciones selección, lavado, inmersión en cloro al 0.1%, cortado, inhibición enzimática con ácido cítrico al 1%, escurrido, secado por convección durante 48h a 40°C, molienda (molino de acero), tamizado a 80mesh, clasificación y empaque en fundas de polietileno; para el caso de la harina de zanahoria blanca sin cáscara se incluye el proceso de pelado. El rendimiento es del 12.4% y 10.4% (p/p) para harina de zanahoria blanca con y sin cáscara respectivamente.

El contenido de fibra es mayor para la harina de zanahoria blanca con cáscara (3.13%) en comparación con la harina de zanahoria blanca sin cáscara (3.02%) y en lo que respecta a la humedad se reporta 8.02% y 7.7% respectivamente. Para ambos tipos de harina de zanahoria blanca el pH es 6 y los gránulos esféricos de almidón son mayores en tamaño a los de la harina de trigo.

Respecto a las propiedades de cocción de la pasta, se establece como mejores a los tratamientos:  $a_0b_2$  (HZB/CC al 15% de sustitución) por su bajo tiempo de cocción (13.5min) y  $a_1b_0$  (HZB/SC al 5% de sustitución) por tener el menor grado de desintegración (12.2% para agua de cocción).

La evaluación sensorial establece como mejor al tratamiento  $a_1b_0$  (HZB/SC al 5% de sustitución) por presentar mayor apelmazamiento (2.6), mayor aceptabilidad (3.7) y menor pegajosidad (3.13) en comparación con el tratamiento  $a_0b_2$  (HZB/CC al 15% de sustitución). Respecto a la firmeza no presenta diferencia estadísticamente significativa para ambos tratamientos, ni tampoco presenta ninguna variación con la pasta elaborada con 100% harina de trigo.

El mejor tratamiento (Harina de trigo 95% + HZB/SC 5%) presenta los siguientes parámetros físico-químicos: una humedad de 11.6%, proteína (14.6%) y cenizas (0.7%); por lo que se ajusta a los requerimientos establecidos para pasta (Norma INEN 1375) al igual que la calidad microbiológica que consta de la evaluación de aerobios mesófilos, mohos, levaduras y coliformes.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Difundir sobre el cultivo andino de zanahoria blanca, específicamente en el uso de su harina.

Incentivar la producción de harina de zanahoria blanca en la población productora de esta raíz.

Determinar la factibilidad de instalar una planta productora de pastas con sustitución parcial de trigo por harina de zanahoria blanca, en la provincia de Tungurahua.

Evaluar métodos que permitan incrementar el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina zanahoria blanca en la producción de pasta.

Mejorar la presentación de la pasta, diversificando sus formas y tamaños.



consumo humano, sometidos a un proceso de laminación y a una posterior desecación, según su clase. (Norma INEN 1375)

Antognelli C. (1980) describe que la pasta elaborada sólo con trigo, es un alimento nutricionalmente desbalanceado, debido a que sus contenidos de grasa y fibra dietética son muy bajos y su proteína tiene un bajo valor biológico por su deficiencia de lisina.

Según Duarte R. (1996) las pastas permiten la adición de diversos ingredientes como tomates, espinacas, diversos tipos de harinas, proteínas aisladas de cereales, y leguminosas entre otros para incrementar el valor nutricional de la pasta. (Hernández R., 2006). Coincidiendo con la opinión de otros autores como Giese J. (1992), que establece a la pasta alimenticia como un producto versátil de consumo masivo, cuyo patrón de consumo ha cambiado en los últimos tiempos de un producto rico en almidón, pasó a ser considerado una excelente fuente de proteínas con bajo aporte de grasa. (Granito M., 1998)

Según lo estudiado anteriormente se estableció que la sustitución parcial de harina de trigo por HZB influye en la calidad de cocción de la pasta. Estableciendo que mayores porcentajes de sustitución reducen el tiempo de cocción y el grado de aceptación de la pasta e incrementan el porcentaje de hinchamiento y el grado de desintegración. La HZB presenta un porcentaje de fibra (3.02%) mayor a la harina de trigo.

Kill y Turnbull (2004) mencionan que las espinacas y el tomate confiere color y muy poco sabor, pero no tienen efecto importante en el valor nutritivo de la pasta; a diferencia del huevo que además de dar el color amarillo a la pasta y aumentar su valor nutritivo, también mejora su textura haciéndola más fuerte que una pasta normal. (Obando M., 2008). Además la clara de huevo es uno de los alimentos más completos en cuanto a cantidad de aminoácidos se refiere lo que hace que este producto sea nutricionalmente balanceado. Por otra parte, la proteína de la zanahoria blanca es incompleta

porque presenta deficiencia en la mayoría de sus aminoácidos esenciales. (Cuadro 2).

Una disminución en la cantidad de material perdido o solubilizado a partir de la pasta durante su cocimiento es indicador de una buena calidad de la pasta (Hernández R., 2006) cuanto más tenaz es el retículo proteico de la pasta, menor será la hidratación del producto y la sustancia liberada durante la cocción. (Alamprese A., 2009).

**Cuadro 2.** Composición de aminoácidos de las proteínas de zanahoria blanca con las proteínas de la clara de huevo

Aminoácido	mg de aminoácidos/g de nitrógeno	
	Zanahoria blanca	Clara de huevo
Acido aspártico	-	1062
Acido glutámico	-	1416
Alanina	-	716
Arginina	-	587
Cistina	-	250
Fenilalanina	386	656
Glicina	-	432
Histidina	-	242
Isoleucina	83	639
Leucina	237	932
Lysina	203	639
Metionina	-	406
Metionina + Lysina	179	-
Prolina	-	432
Serina	-	794
Tirosina	186	397
Treonina	144	501
Triptofano	191	173
Valina	33,2	846

**Fuente:** Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente. Agro la Libertad. (Adapatado de Amino., 1970)

**Elaborado por:** Verónica Martínez

### 6.3 JUSTIFICACIÓN

La industria alimentaria actualmente esta enfocada a la búsqueda de alimentos que presenten baja digestibilidad y generen efectos benéficos en la salud. La pasta alimenticia es un producto que se consume frecuentemente, debido a que es de fácil acceso, por ello se recurre al uso de ingredientes alternos a la harina de trigo duro para mejorar las características nutritivas de la pasta procurando no afectar su calidad sensorial.

La pasta que presenta mayor aceptabilidad fue la elaborada con HZB/SC al 5% de sustitución. Se determinó que al incrementar el porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca existe un decremento en el tiempo de cocción y un aumento en el grado de desintegración. Por otro lado, según investigaciones realizadas la albúmina de huevo permite la formación de una red proteica que impide la liberación de almidón al agua de cocción lo que favorecería una disminución en el grado de desintegración de la pasta durante la cocción.

Además el costo de las pastas, está establecido principalmente por el precio de la materia prima (trigo), y al ser un producto de importación resulta de interés investigar la posible sustitución parcial de este cereal, por otras fuentes de nutrientes de producción como la harina de zanahoria blanca y la albumina de huevo, productos ricos en fibra y proteína respectivamente.

El estudio estaría enfocado a la sustitución parcial de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca con albumina de huevo deshidratada en la elaboración de pasta. Siendo que la albumina de huevo permitiría incrementar el contenido nutricional de la pasta, debido a su contenido de aminoácidos; además la red proteica que formaría permitiría mejorar la calidad de cocción. Por lo tanto se espera que la incorporación de albumina de huevo deshidratada en la mezcla de harina de trigo con harina de zanahoria blanca, permita obtener una pasta con características



(físicoquímicas, organolépticas y nutricionales) superiores a las pastas elaboradas exclusivamente de harina de trigo.

## **6.4. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Estudiar los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorriza*) y albúmina de huevo deshidratada en la calidad de la pasta.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar las propiedades físico-químicas de las masas obtenidas para la elaboración de pasta.
- Analizar la calidad de la pasta elaborada con sustitución parcial de harina de zanahoria blanca y albúmina de huevo deshidratada en base a una evaluación sensorial y de las propiedades de cocción.
- Realizar análisis de las propiedades químicas y microbiológicas en el mejor tratamiento establecido para pasta con sustitución parcial de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca y albúmina de huevo deshidratada.

## **6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La propuesta pretende mejorar la calidad de la pasta elaborada con sustitución parcial de harina de trigo por harina de zanahoria blanca, siendo de tipo tecnológico. En este se modifica la formulación base para pasta,

constituida de 100% de harina de trigo, para de esta forma verificar si la adición de albúmina permite incrementos en los porcentajes de sustitución de harina de zanahoria blanca, sin afectar la calidad de cocción de la pasta. Esta propuesta resultaría factible, porque se cuenta con la materia prima, harina de zanahoria blanca sin cáscara.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN**

El trigo se considera el cereal más adecuado para la elaboración de la pasta, debido a que sus proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como los lípidos para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (gluten) los cuales contribuyen al desarrollo de la masa y previenen la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente. Se ha reportado que desde un punto de vista tecnológico la sustitución no es fácil porque representa una disminución en el contenido de gluten y por ende una pasta de calidad inferior. Sin embargo realizando ciertas modificaciones en el esquema tradicional de elaboración de la pasta se puede subsanar dicho problema. Entre las modificaciones sugeridas en la literatura se han señalado, la utilización de materiales que coagulen a bajas temperaturas como la albúmina de huevo a niveles de 0.5 a 3% (Granito M., 1998).

La albúmina es una sustancia orgánica nitrogenada, viscosa, soluble en agua, coagulable por calor, contenida en la clara del huevo. La clara solo posee un 1% de grasa. Posee entre un 78 y 90 % de proteínas de alta calidad con la mayoría de los aminoácidos esenciales que el organismo necesita (Cuadro 3). La albumina en polvo (máx. 6-9 % humedad) se emplea en la industria fideera como nutriente de alto valor proteico. Además aporta dureza en la masa, dente en el producto cocido y evita el desprendimiento de almidón en la cocción. (Arcos V., 2010)

**Cuadro 3.** Composición proximal de albumina de huevo deshidratada

<b>Parámetro</b>	<b>Contenido (g/100g)</b>
Carbohidratos	8,00
Cenizas	6,00
Fibra dietética total	0,00
Proteína	78,00
Humedad	8,00

**Fuente:** Granito M., 1998

**Elaborado por:** Verónica Martínez

Por lo tanto el uso de clara de huevo deshidratada, en la elaboración de pasta contribuirá con el mejoramiento de la textura y la calidad de cocción, permitiendo mejorar notablemente la calidad nutricional del alimento.

### **6.7. METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO**

Para la elaboración de pasta, se debe seguir el proceso ya establecido, tomado en cuenta todos los parámetros y el plan de acción se seguirá de acuerdo al proceso indicado en la tabla 3. Las formulaciones se deben realizar independientemente de acuerdo a los porcentajes de sustitución para harina de zanahoria blanca sin cáscara (5, 10 y 15%) y para albúmina de huevo (1, 2 y 3%), por lo tanto se aplicara un diseño experimental 3x3, lo que implica que se trabajara con 9 tratamientos en dos replicas, es decir 18 corridas experimentales ejecutadas aleatoriamente.

**Tabla 3. Modelo Operativo (Plan de acción)**

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Estudiar los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorriza</i> ) y albúmina de huevo deshidratada en la calidad de la pasta.	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Económicos Materiales	\$150	1 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Planteamiento de los análisis a realizar durante la investigación.  Cronograma de actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión bibliográfica.</li> <li>- Pruebas preliminares</li> <li>- Plantear una secuencia ordenada para la realización de análisis.</li> </ul>	Investigador	Humanos Económicos Materiales	\$100	1 mes
3. Ejecución de la propuesta	Determinar la calidad de la pasta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización de la fase experimental</li> <li>- Análisis estadístico</li> </ul>	Investigador	Humanos Económicos Materiales Técnicos	\$300	3meses
4. Evaluación de la propuesta	Verificar si los efectos de la incorporación de albúmina de huevo son favorables en la calidad de la pasta.	Interpretación de resultados	Investigador	Humanos Económicos Materiales	\$100	2meses

**Elaborado por:** Verónica Martínez

### **6.7.1 Materiales y equipos**

Los materiales utilizados para el desarrollo de esta tecnología serán los siguientes:

#### **Materiales de vidrio**

- Cajas petri
- Erlenmeyer de 100ml
- Matraz aforado de 10ml
- Pipetas
- Portaobjetos
- Vasos de precipitación de 600ml

#### **Utensilios**

- Cuchillos
- Espátulas
- Plato recolector
- Tamices

#### **Equipos**

- Autoclave
- Balanza analítica
- Cortador de papas
- Estufa
- Incubadoras
- Microscopio
- pH-metro
- Termómetro

#### **Reactivos**

- Agar PCA
- Agar PDA

- Agar para *Coliformes totales*
- Agar para *Staphylococcus aureus*

### 6.7.2. Tecnología de elaboración

**Recepción:** Se trabaja con harina de zanahoria blanca, harina de trigo importado y albúmina de huevo deshidratada, en dependencia de la cantidad que se elabora de pasta.

**Pesado:** Se realiza independientemente para cada formulación, de acuerdo a los porcentajes de sustitución experimentales.

**Pre-mezclado:** Se realiza en forma manual, mientras se adiciona un 34% de agua, en función de la cantidad de harina.

**Mezclado mecánico:** Se realiza en una amasadora, por un tiempo de 15min.

**Laminado:** Con la masa obtenida se realiza el laminado por un tiempo de 10min, o hasta que se forme una pasta uniforme.

**Trefilado.-** Se realiza introduciendo la pasta anterior en cilindros cortadores, que permiten obtener láminas de pasta con el espesor y longitud deseada.

**Secado:** Se realiza en un secador a temperatura de 50°C, por el lapso de 1 hora, colocando la pasta formada en bandejas de superficie perforada.

**Enfriado:** Se realiza a temperatura ambiente, en un lugar fresco y ventilado.

**Almacenamiento:** Se realiza en fundas de polietileno de alta densidad, que aislen la humedad.

## 6.8. ADMINISTRACIÓN

Para la administración de la propuesta se deberá hacer énfasis en la optimización de los recursos económicos, y en el cumplimiento de las actividades planteadas en cada una de las fases, para alcanzar las metas propuestas.

**Tabla 4.** Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsable
Cantidad de harina de zanahoria blanca empleada para la elaboración de pasta.	La pasta presenta características de calidad, con porcentajes bajos de sustitución de harina de trigo por harina de zanahoria blanca.	¿La incorporación de albumina de huevo deshidratada influirá favorablemente en la calidad de cocción, sensorial y nutricional de la pasta elaborada con harina de zanahoria blanca?  ¿El efecto combinado de porcentaje de albúmina de huevo y sustitución de harina de trigo, por harina de zanahoria blanca influirá favorablemente en la calidad de la pasta?.	Evaluación de las propiedades físico químicas de las masas obtenidas.  Evaluación de las propiedades de cocción y sensoriales de la pasta.  Análisis de las propiedades químicas y microbiológicas del mejor tratamiento.	Egda. Verónica Martínez

**Elaborado por:** Verónica Martínez

## 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

**Tabla 5.** Previsión de la evaluación

<b>Preguntas Básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Quiénes solicitan evaluar?	- Agricultores y productores de pasta.
¿Por qué evaluar?	- Conocer cómo influye la adición de albumina en una pasta elaborada con HZB.
¿Para qué evaluar?	- Incrementar los porcentajes de sustitución de harina de trigo por HZB.
¿Qué evaluar?	- Tiempo de cocción - Porcentaje de hinchamiento - Grado de desintegración - Características sensoriales - Propiedades químicas - Calidad microbiológica
¿Quién evalúa?	- Investigador
¿Cuándo evaluar?	- En el tiempo planificado para la elaboración de la fase experimental.
¿Cómo evaluar?	- Análisis estadístico de los resultados experimentales.
¿Con qué evaluar?	- Mediante los métodos y procedimientos establecidos.

**Elaborado por:** Verónica Martínez



## **CAPÍTULO VII**

### **MATERIALES DE REFERENCIA**

1. ÁLVAREZ V., COLOMA J., Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2005. "Estudio del efecto de las condiciones de empaqueo y almacenamiento en el tiempo de vida útil de productos de baja humedad". Guayaquil - Ecuador. Págs. 5.
2. BUSTOS Z. 2010. Congreso de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. "Evaluación de la Calidad De cocción y durante su Cocimiento de una Pasta Elaborada a partir de Sémola de Cebada y Trigo". Pachuca-Mexico. Pp. 8
3. CASTRO J. 1965, "Utilización de harina de quinua en la elaboración de fideos". Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato-Ecuador. 200 pp y Anexos.
4. ESPÍN S. et al. 2000. "Caracterización Físico - Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos". En: Memorias del VI Congreso Nacional de Ciencias. Ambato-Ecuador. Pp. 18
5. ESPINOSA P. 1997. Raíces y tubérculos andinos cultivos marginados en el Ecuador: situación actual y limitaciones para la producción. Edición ilustrada. Editor International. Pp. 178

6. FAIRLIE T. 1999. Raíces y tubérculos andinos. Avances de investigación. Tomo I. Lima-Perú. Pág. 10.
7. GARCÍA A. Y PACHECO E., 2007. Revista Facultad Nacional de Agronomía. "Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.). Medellín –Colombia. Pp. 18
8. GERMAN C. Y GUEVARA D. 2007. "Compendio de Hojas guías. Laboratorio de Análisis de los Alimentos II". Ambato-Ecuador. Pp. 100
9. GÓMEZ M. 2006, "Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamerica". Edición Única. Editorial Irastorza. Buenos Aires-Argentina. Pp. 480
10. GRANITO M. y col. 1998. Revista Técnica de Ingeniera. Volumen 21. "Elaboración de pastas a partir de la sustitución de sémola de trigo por materias primas subutilizadas". Universidad Simón Bolívar. Estado Miranda-Venezuela. Pp. 9.
11. HERNÁNDEZ M. y NAVAS G. 2003. "Aprovechamiento de la zanahoria blanca, como adjunto para la elaboración de cerveza tipo Lager". Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos de la UTA. Ecuador. Págs. 89-94
12. HERNÁNDEZ R. 2006. "Elaboración de espagueti adicionado con almidón de plátano: caracterización física, química, nutricional y de calidad". Tesis de grado para optar por el grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo de productos bióticos. Centro de desarrollo de productos bióticos. Yautepec – México. Pp. 82

13. INIAP, 1997, Informe Técnico Anual. "Estudio de la composición química y valor nutricional de la parte comestible de cuatro especies de raíces y tubérculos andinos (zanahoria blanca, miso, achira y jicama)". Quito-Ecuador.
14. KREMER R., 2004. "Estudio merceológico para el diseño, investigación e implementación de un plan HACCP en un molino harinero de argentina". Instituto Nacional de Tecnología Alimentaría. Universidad de Buenos Aires. Pp. 87
15. LEÓN M. y VILLACORTA M., 2010. "Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado". Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
16. MALDONADO R. y PACHECO E., 1998. "Elaboración de pastas alimenticias por sustitución la harina de trigo con harina de zanahoria (*Daucus carota* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.) fuentes de fibra dietética y carotenos". Revista de la Facultad de Agronomía de Venezuela.
17. Norma INEN, Normativa del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización: 524, 526, 616 y 1375. Quito – Ecuador.
18. Norma IBNORCA, Normativa Boliviana. EQNB 39001. Harinas y derivados
19. Normativa CODEX STAN: 152-1985 para Harina de trigo y 249-2006 para Fideos Instantáneos.
20. OBANDO M. 2008 "Pasta adicionada con harina de amaranto: digestibilidad y capacidad antioxidante". Tesis de grado para optar por el grado de maestría en Ciencias en Desarrollos de Productos

Bióticos. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. México-México. 105 pp. y Anexos.

21. PEREZ W. y col. 2002. "Estudio de conservación de pastas alimenticias". Artículo de la Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos. La Habana- Cuba. Editorial Universitaria. Vol. 12, Número 2. Págs. 38-43.
22. RAMOS J. 2005, "Características nutricionales de la zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y sus perspectivas en la alimentación". Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. Publicación virtual red peruana de alimentación y Nutrición. Lima-Perú.
23. RODRIGUEZ D., et al. 2005. Revista colombiana de Ciencia Química "Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)". Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Farmacia. Bogotá-Colombia. Página 140-146
24. RODRÍGUEZ G. 2001. Manual técnico, CORPOICA. "Elaboración de harina de *Arracacia xanthorrhiza*". Bogotá- Colombia. Pp. 24
25. SALAS S. 2006. "Desarrollo rural desde las personas", Red de Agroindustria Rural del Perú, Primera Edición. Editorial corporación Grafica Navarrete. Lima – Perú. Págs. 116
26. SALTOS H. 2010 "Sensometría. Análisis en el desarrollo de alimentos procesados". Editorial Pedagógica Freire. Única Edición. Ambato-Ecuador. Pp. 421

27. VÁSQUEZ L, SALTOS N. 2007. "Ecuador su realidad". Edición actualizada. Pp. 392.
28. VILLACRES E., Y ESPÍN S., 1999. "Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos andinos. En: Avances de Investigación. Tomo I. Lima – Perú. Pp. 30
29. VILLACRÉS E y RUIZ F., 2002. "Raíces y tubérculos andinos: Alimentos de ayer para la gente de hoy". Publicación miscelánea N° 114. Quito-Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. Quito-Ecuador. Pp. 51

**En red:**

30. AGRO LA LIBERTAD. 2006. "Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)". Obtenido en mayo del 2011. Disponible en: [http://www.agrolalibertad.gob.pe/documentos/info\\_tecnica/items/Manual\\_de\\_arracacha\\_\\_revisado\\_.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/documentos/info_tecnica/items/Manual_de_arracacha__revisado_.pdf)
31. ALAMPRESE A. 2009. Revista Pastaría. "Los índices de calidad de la pasta fresca al huevo". Obtenido en febrero 2010. Disponible en: [www.biotechia.uson.mx/revistas/articulos/2-art1.pdf](http://www.biotechia.uson.mx/revistas/articulos/2-art1.pdf)
32. ARCOS V. Granotec. "Ingredientes que portan beneficios en los procesos y calidad de pastas. Pastas funcionales." Obtenido en julio 2010. Disponible en: [www.alim2010.com/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=9&Itemid=27&lang=es](http://www.alim2010.com/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=9&Itemid=27&lang=es)
33. CORONEL T. "*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft". Obtenido en marzo 2010. Disponible en: [joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html#a\\_xanthorrhiza](http://joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html#a_xanthorrhiza).

34. ENCICLOPEDIA Wikipedia. 2011. "Fibra Alimentaría". Obtenido en enero 2011. Disponible: [es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_alimentaria](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_alimentaria)
35. EUROMONITOR. 2011. Obtenido en marzo 2011. Disponible en: [www.euromonitor.com/Pasta\\_in\\_Ecuador](http://www.euromonitor.com/Pasta_in_Ecuador)
36. HERMAN M. CIP. "Arracacha". Obtenido en marzo de 2011. Disponible en: [www.cipotato.org/artc/artc\\_hermann/Arracacha.pdf](http://www.cipotato.org/artc/artc_hermann/Arracacha.pdf)
37. MARTÍNEZ M., 2010. "Microorganismos Indicadores en alimentos". Obtenido en febrero 2011. Disponible en: [www.slideshare.net/miranda\\_col/microorganismos-indicadores-de-contaminacin-microbiolgica-en-alimentos](http://www.slideshare.net/miranda_col/microorganismos-indicadores-de-contaminacin-microbiolgica-en-alimentos)
38. MEDINA C. "Caracterización morfológica de la zanahoria blanca". Obtenido en marzo 2010. Disponible en: [www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivs/oferta/13\\_Caracteriz\\_morfol\\_d\\_e\\_la\\_coleccion.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivs/oferta/13_Caracteriz_morfol_d_e_la_coleccion.pdf)
39. MEJÍA E., 2005. "Metodología de la investigación científica". Obtenido el 17 de marzo del 2011. Disponible en: [www.unmsm.edu.pe/educacion/postgrado/metodologia.pdf](http://www.unmsm.edu.pe/educacion/postgrado/metodologia.pdf)
40. NOGUERA Y. 1999. "Caracterización física, química y sensorial de hojuelas fritas de arracacha". Obtenido en marzo de 2011. Disponible en: [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at5002/arti/noguera\\_y.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5002/arti/noguera_y.htm)
41. OLIVER A. y col. 2009. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). Obtenido en marzo del 2011. Disponible en:

[www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/evaluacion\\_riesgos/comite\\_cientifico/Informe\\_Arracacha.pdf](http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/comite_cientifico/Informe_Arracacha.pdf)

42. RAMOS J. 2005. "Cultivos andinos. Obtenido en marzo 2010". Disponible en: [www.rpan.org/monografias/monografia002.pdf](http://www.rpan.org/monografias/monografia002.pdf).
43. RODRÍGUEZ y col. CORPOICA. "Manual técnico para la elaboración de harina de arracacha." Obtenido en marzo de 2011. Disponible en: [www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/Harina%20de%20arracacha.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Harina%20de%20arracacha.pdf)
44. DIARIO, El Comercio. 2009. "La pasta se adapta al menú local". Obtenido en marzo 2010. Disponible en: [www.elcomercio.com/solo\\_texto\\_search.asp?id\\_noticia=210216&anio=2009&mes=12&dia=31](http://www.elcomercio.com/solo_texto_search.asp?id_noticia=210216&anio=2009&mes=12&dia=31).
45. DIARIO, El Comercio, 2005. "El país come fideos hasta en la sopa". Obtenida en abril 2010. Disponible en: [www.elcomercio.com/solo\\_texto\\_search.asp?id\\_noticia=126684&anio=2005&mes=4&dia=28](http://www.elcomercio.com/solo_texto_search.asp?id_noticia=126684&anio=2005&mes=4&dia=28).

**ANEXO A**  
**CUADROS Y HOJA DE CATA**



**Cuadro A1.** Composición química (%) de la zanahoria blanca, perteneciente al banco del germoplasma del INIAP.\*

Parámetro	Zanahoria blanca	
	Muestra entera (con cáscara)	Parte comestible (sin cáscara)
Humedad	81,19	74,10
Cenizas	5,18	4,12
Proteína	5,43	5,15
Fibra	3,91	3,05
Extracto Etéreo	1,11	1,44
Carbohidratos totales	84,33	86,30
Almidón	63,72	72,18
Azúcares Totales	6,91	3,72
Azúcares Reductores	4,81	1,28
Calcio	0,15	0,12
Fosforo	0,17	0,17
Magnesio	0,07	0,038
Sodio	0,09	0,013
Potasio	2,13	1,69

**Fuente:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP  
(Adaptado de Espín S. 2000) \* Datos expresados en base seca

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Cuadro A2.** Contenido nutritivo de la zanahoria blanca y zanahoria amarilla cocida por cada 100g de porción aprovechable.

Composición	Unidad	Valor	
		Zanahoria Blanca	Zanahoria amarilla cocida
Humedad	g	71,10	87,70
Calorías	cal	112,00	44,00
Proteína	g	1,00	0,60
Extracto etéreo	g	1,00	0,60
Carbohidratos	g	26,90	9,80
Fibra	g	6,00	1,20
Ceniza	g	9,00	1,30
Calcio	mg	19,00	33,00
Fosforo	mg	55,00	19,00
Hierro	mg	0,90	1,40
Caroteno	mg	0,11	11,98
Tiamina	mg	0,07	0,03
Rivoflavina	mg	0,02	0,03
Niacina	mg	3,67	0,20
Acido Ascórbico	mg	31,00	3,00

**Fuente:** Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos  
(Adaptado de Germán C. y Guevara D., 2007)

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Cuadro A3.** Composición química proximal de la harina de zanahoria blanca.

<b>Composición química (g/100g)</b>	<b>Harina de zanahoria blanca</b>
Humedad	9,64±0,01
Ceniza	1,86±0,01
Proteína	2,46±0,01
Grasa	0,48±0,02
Azúcares totales	6,22±0,03
Azúcares reductores	3,48±0,03
Almidón	74,47±0,01
Almidón resistente	4,23±0,01
Fibra dietaria	4,87±0,01

**Fuente:** García A. Y Pacheco E. 2007

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Cuadro A4.** Intervalo de variación en la concentración de los principales componentes del trigo (Matz, 1999)

<b>Componentes</b>	<b>Mínimo (%)</b>	<b>Máximo (%)</b>
Humedad	8.0	18.0
Almidón	60.0	68.0
Proteína	7.0	18.0
Lípidos	1.5	2.0
Fibra Cruda	2.0	2.5
Cenizas	1.5	2.0

**Fuente:** Gómez M. 2006

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Cuadro A5.** Composición nutricional de la harina de trigo (por 100g de producto)

<b>Parámetro</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Característica</b>
Humedad	15,00	Máximo
Cenizas	0,65	Promedio
Grasa	0,8-1,5	Rango
Proteína	9-12%	Rango
Fibra	0,2-0,3%	Rango

**Fuente:** Kremer R., 2000

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Cuadro A6.** Parámetros de gelatinización para el almidón de zanahoria amarilla (*Arracacia xanthorrhiza*, variedad amarilla)

Parámetro	Valor
Temperatura de inicio ( $T_0$ ) (°C)	49,26
Temperatura de pico ( $T_p$ ) (°C)	55,17
Temperatura de finalización ( $T_f$ ) (°C)	64,51
Entalpia de gelatinización ( $\Delta H$ ) (J/g)	2,49

Fuente: Rodríguez D., 2005

Elaborado por: Verónica Martínez

**Cuadro A7.** Características del almidón de trigo y de zanahoria blanca

Almidón	ISA	IAA	Poder de hinchamiento
Zanahoria blanca	0,43±0,05	2,47±0,06	2,45±0,09
Trigo	2,98±0,01	1,96±0,02	1,88±0,04

Fuente: Espín S., 2000

Elaborado por: Verónica Martínez

ISA: Índice de solubilidad en agua

IAA: Índice de absorción de agua

**Cuadro A8.** Composición de la pasta elaborada 100% harina de trigo

Parámetro	Porcentaje (%)
Carbohidratos Totales	71.00
Proteína	14.00
Grasa Total	0.00
Fibra	0.00

Fuente: Pasta "Catedral", 2011

Elaborado por: Verónica Martínez

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**HOJA DE CATA**

**Producto: Pasta cocida**

Conteste con absoluta sinceridad y marque su apreciación con una (x). Recuerde que la información que aporta es muy valiosa, para el presente estudio.

**Sírvase leer la definición siguiente:**

**Apelmazamiento:** es el grado de soltura de la pasta, al visualizarla.

**Firmeza:** es la resistencia de la pasta cocida al masticarla.

**Pegajosidad:** es la fuerza de adherencia de la superficie de la pasta a la lengua o paladar.

Calidad de cocción	Tratamientos		
<b>Color</b>			
1. Marrón intenso			
2. Marrón ligero			
3. Crema intenso			
4. Crema ligero			
5. Blanco			
<b>Apelmazamiento</b>			
1. Muy pegados			
2. Poco pegados			
3. Ni pegados, ni sueltos			
4. Poco sueltos			
5. Muy sueltos			
<b>Firmeza</b>			
1. Muy duro			
2. Duro			
3. Ni suave, ni duro			
4. Suave			
5. Muy suave			
<b>Pegajosidad</b>			
1. Muy pegajoso			
2. Bastante pegajoso			
3. Pegajoso			
4. Poco pegajoso			
5. Nada pegajoso			
<b>Aceptabilidad</b>			
1. Desagrada mucho			
2. Desagrada			
3. Ni agrada, ni desagrada			
4. Agrada			
5. Agrada mucho			

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# **ANEXO B**

## **DATOS OBTENIDOS**

□ PRIMERA FASE. Elaboración de harinas

**Tabla B1.** Pesos registrados en la elaboración de los dos tipos de harina

Tipo de harina	Peso (kg)	
	Inicial (materia prima)	Final (harina)
Zanahoria blanca, con cáscara	97,08	12,07
Zanahoria blanca, sin cáscara	129,44	13,52

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla B2.** Porcentaje de humedad de la materia prima.

Materia Prima	Humedad (%)
Zanahoria blanca, con cáscara	66,70
Zanahoria blanca, sin cáscara	58,22

Elaborado por: Verónica Martínez

**Fórmulas:**

**Rendimiento:**

- Basado en la diferencia de pesos

$$\text{Rendimiento (\% p/p)} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

- Expresado en porcentaje de base seca

$$\text{Rendimiento (\% base seca)} = \left( 100 - \frac{\text{Humedad final}}{\text{Humedad inicial}} \right)$$

## ☐ TERCERA FASE. Elaboración de pastas

### a) Tratamientos experimentales

**Tabla B3.** Descripción de los tratamientos experimentales realizados.

#	Tratamientos	Descripción
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	Harina de trigo 95% + HZB/CC 5%
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	Harina de trigo 90% + HZB/CC 10%
3	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	Harina de trigo 85% + HZB/CC 15%
4	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	Harina de trigo 95% + HZB/SC 5%
5	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Harina de trigo 90% + HZB/SC 10%
6	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Harina de trigo 85% + HZB/SC 15%

Elaborado por: Verónica Martínez

#### Nota:

**Testigo:** muestra formulación base (elaborada 100% con harina de trigo)

### b) Propiedades de cocción

– **Tiempo de cocción:** Observación visual

– **Porcentaje de hinchamiento:**

$$\% \text{ de hinchamiento} = \frac{\text{Peso de la pasta cocida} - \text{Peso de la pasta seca}}{\text{Peso de la pasta seca}} * 100$$

– **Grado de desintegración:**

$$\text{Grado de desintegración (\%)} = 0,5 (\text{Sólidos totales}) * 100$$

**Tabla B4.** Tiempos de cocción de la pasta (min)

Tratamientos	Tiempo (min)			Promedio
	R1	R2	R3	
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	21,03	20,25	21,05	20,78
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	16,07	16,47	16,17	16,23
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	13,38	13,85	13,40	13,54
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	18,52	18,50	18,42	18,48
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	17,67	17,67	17,33	17,56
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	16,15	16,78	16,50	16,48

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla B5.** Peso de la pasta, posterior a la cocción (g)

Tratamientos	Peso (g)			Promedio
	R1	R2	R3	
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	86,00	88,90	89,2	88,03
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	98,30	98,01	98,45	98,25
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	105,88	107,07	105,27	106,07
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	112,00	105,70	111,80	109,83
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	116,33	115,00	119,50	116,94
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	131,00	126,80	137,40	131,73

Elaborado por: Verónica Martínez

**Nota:** Se utiliza para todos los casos una muestra de 50g.



**Tabla B6.** Tiempo de cocción y peso de la pasta cocida 100% de harina de trigo (testigo)

<b>Réplicas</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Peso (g)</b>
R1	16,50	124,93
R2	16,58	127,96
R3	16,22	137,97
<b>Promedio</b>	16,43	130,29

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Tabla B7.** Sólidos totales en el agua de cocción y de lavado de las diferentes pastas.

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso (g)</b>			<b>Promedio</b>
	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	
<b>Agua de cocción</b>				
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	0,39	0,47	0,39	0,42
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	0,45	0,49	0,42	0,46
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	0,49	0,42	0,46	0,46
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	0,23	0,27	0,23	0,24
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0,37	0,36	0,36	0,36
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,40	0,40	0,43	0,41
Testigo	0,17	0,17	0,19	0,17
<b>Agua de lavado</b>				
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	0,12	0,16	0,10	0,13
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	0,15	0,17	0,16	0,16
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	0,17	0,14	0,17	0,16
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	0,06	0,07	0,08	0,07
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0,10	0,08	0,12	0,10
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0,22	0,19	0,20	0,20
Testigo	0,03	0,04	0,04	0,04

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**c) Evaluación sensorial de la pasta cocida**

**Tabla B8.** Mejores tratamientos de acuerdo al análisis estadístico para la evaluación sensorial

Tratamientos	Porcentaje de sustitución
T1	Testigo (100% harina de trigo)
T2	Harina de trigo 85% + HZB/CC 15%
T3	Harina de trigo 95% + HZB/SC 5%

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla B9.** Calificaciones obtenidas de ensayos de cata, sobre color y apelmazamiento de pasta cocida

Catadores	Color						Apelmazamiento					
	T1		T2		T3		T1		T2		T3	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	4	4	2	2	3	3	2	4	2	1	2	2
2	4	3	1	1	2	2	4	3	2	1	2	2
3	5	4	4	2	3	3	4	3	2	4	3	3
4	3	4	1	1	2	3	3	1	2	3	3	2
5	5	4	1	2	2	2	2	2	2	4	2	3
6	4	4	2	1	4	2	5	3	5	1	5	2
7	4	4	2	2	3	2	3	2	3	4	3	1
8	5	4	2	1	4	3	4	4	1	4	2	4
9	4	3	1	2	3	4	2	2	2	3	4	2
10	4	4	2	1	3	2	3	4	3	3	3	2
11	4	4	1	2	2	3	3	3	2	3	3	3
12	4	4	2	2	3	3	3	5	2	2	3	4
13	4	3	2	1	4	2	2	2	4	1	3	2
14	4	4	2	2	3	3	4	4	2	3	3	1
15	4	5	2	1	1	2	5	2	2	3	3	1

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla B10.** Calificaciones obtenidas de ensayos de cata,  
sobre firmeza y pegajosidad de pasta cocida

Catadores	Firmeza						Pegajosidad					
	T1		T2		T3		T1		T2		T3	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	3	4	4	1	3	2	4	5	2	4	4	4
2	3	3	2	1	3	2	5	4	4	2	4	3
3	3	2	3	3	4	2	4	3	3	3	4	3
4	2	2	2	4	2	3	4	3	3	3	4	3
5	5	2	2	3	4	2	4	3	4	3	4	2
6	3	3	2	2	3	3	5	4	4	3	5	4
7	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
8	2	2	3	3	1	3	4	5	2	3	2	2
9	3	4	2	4	3	3	4	3	3	3	5	3
10	4	2	3	4	4	3	5	4	4	4	5	2
11	4	4	4	4	3	3	4	5	2	5	3	4
12	3	3	4	2	3	4	4	4	4	3	5	5
13	3	2	3	2	3	4	3	5	3	3	4	5
14	2	3	4	5	3	4	4	1	3	3	4	4
15	2	3	3	4	4	4	5	4	2	1	4	2

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla B11.** Calificaciones obtenidas de ensayos de cata sobre aceptabilidad  
de la pasta cocida

Catadores	T1		T2		T3	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	4	4	3	2	3	2
2	3	4	3	3	3	4
3	3	5	3	4	3	5
4	4	2	3	3	4	2
5	3	4	3	3	4	4
6	5	4	4	3	3	4
7	4	3	3	3	3	4
8	5	5	3	2	3	3
9	4	3	3	4	3	3
10	3	2	3	2	4	3
11	3	4	3	2	3	3
12	3	4	3	4	4	3
13	4	2	3	3	4	4
14	4	5	3	3	4	3
15	4	3	3	4	4	4

Elaborado por: Verónica Martínez

**d) Calidad microbiológica de la pasta cocida.**

**Tabla B12.** Promedio del número de colonias presentes en las pastas analizadas.

<b>Muestra</b>	<b>Microorganismo</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>Promedio</b>
a1b0	Aerobios mesófilos	54	60	57
	Mohos y levaduras	0	0	0
	<i>Coliformes</i>	0	0	0
Testigo	Aerobios mesófilos	50	55	52,5
	Mohos y levaduras	2	1	1,5
	<i>Coliformes</i>	0	0	0

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Fórmula:**

**Microorganismos (ufc/g):**

$$\frac{ufc}{g} = \frac{N \text{ colonias} * \text{factor inverso de dilución} * \text{volumen total}}{\text{volumen dilución} * g \text{ de muestra}}$$

**Donde:**

Factor inverso de dilución = 10<sup>1</sup>

Volumen total = 90 ml

Volumen de dilución = 1

Gramos de muestra = 10

# **ANEXO C**

# **RESULTADOS**

## □ ELABORACIÓN DE HARINAS

**Tabla C1.** % de Rendimiento en el proceso de elaboración de dos tipos de harina.

Tipo de harina	Rendimiento (%)	
	p/p	En base seca
Zanahoria blanca, con cáscara	12.43	99,88
Zanahoria blanca, sin cáscara	10.44	99,86

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla C2.** Análisis físico-químicos de los dos tipos de harina

Tipo de harina	pH	Humedad (%)	Fibra (%)*
Zanahoria blanca, con cáscara	6,45	8,02	3,13
Zanahoria blanca, sin cáscara	6,32	7,7	3,02

Elaborado por: Verónica Martínez

\* El porcentaje de fibra esta determinado en base seca

## □ ELABORACIÓN DE PASTAS

### ➤ CALIDAD DE COCCIÓN

**Tabla C3.** % de hinchamiento y grado de desintegración de pasta cocida con 100% de harina de trigo (testigo)

Replicas	% de hinchamiento	Desintegración (%)	
		Agua de cocción	Agua de lavado
R1	149,86	8,33	1,67
R2	155,91	8,50	1,83
R3	175,94	9,33	1,83
<b>Promedio</b>	160,57	8,72	1,78

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla C4.** % de hinchamiento de las diferentes pastas.

Tratamientos	% de hinchamiento			Promedio
	R1	R2	R3	
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	72,00	77,80	78,40	76,07
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	96,60	96,02	96,90	96,51
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	111,76	114,14	110,54	112,15
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	124,00	111,40	123,60	119,67
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	132,66	130,00	139,00	133,89
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	162,00	153,60	174,80	163,47

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla C5.** % de grado de desintegración de pasta en agua de cocción y lavado.

Tratamientos	Peso (g)			Promedio %
	R1	R2	R3	
<b>Agua de cocción</b>				
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	19,33	23,33	19,67	20,78
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	22,50	24,67	21,17	22,78
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	24,67	21,17	23,17	23,00
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	11,67	13,33	11,67	12,22
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	18,33	17,83	18,00	18,06
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	20,00	19,83	21,33	20,39
<b>Agua de lavado</b>				
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>	5,83	8,17	5,17	6,39
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>	7,50	8,50	8,00	8,00
a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>	8,67	7,00	8,67	8,11
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	3,17	3,67	4,00	3,61
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	4,83	4,17	5,83	4,94
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	11,17	9,33	10,00	10,17

Elaborado por: Verónica Martínez

➤ ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**Diseño de dos factores AxB:**

$$\text{Modelo: } = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Donde:

- $\mu$  = efecto global
- $A_i$  = efecto del i-ésimo nivel del factor A: 1.....a
- $B_j$  = efecto del j-ésimo nivel del factor B: 1.....b
- $(AB)_{ij}$  = efecto de la interacción entre los factores A y B
- $R_k$  = efecto de las replicas k= 1.....r
- $E_{ijk}$  = residuo o error experimental

**Tabla C6.**  
**Tiempo de cocción**

a) Análisis de varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
Factor A	1,91427	1	1,9143	21,87	0,0009
Factor B	64,7010	2	32,3050	369,59	0,000
Replicas	0,05083	2	0,0254	0,29	0,7541
Interacción	21,5180	2	10,7590	122,92	0,0000
Error	0,8753	10	0,0875		
<b>Total</b>	<b>89,0595</b>	<b>17</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula para el efecto de los factores A y B, y del efecto combinado de los mismos para el tiempo de cocción se rechaza al 5% de significación.



$$T = q \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

$q_{(0,05;6;10)}=4,91$  y  $T=0,84$

b) Medias aritméticas para la prueba de Tukey

Tratamientos Medias (min)	$a_0b_2$ 13,54	$a_0b_1$ 16,23	$a_1b_2$ 16,48	$a_1b_1$ 17,56	$a_1b_0$ 18,48	$a_0b_0$ 20,78
$a_0b_2$ 13,54	0	2,68*	2,93*	4,01*	4,93*	7,23*
$a_0b_1$ 16,23		0	0,24	1,32*	2,24*	4,54*
$a_1b_2$ 16,48			0	1,077*	2,00*	4,29*
$a_1b_1$ 17,56				0	0,92*	3,22*
$a_1b_0$ 18,48					0	2,29*
$a_0b_0$ 20,78						0

Elaborado por: Verónica Martínez

Nota: \* Existe diferencia significativa

c) Subconjuntos de tratamientos establecidos en base a la prueba de Tukey

Tratamientos	$a_0b_2$	$a_0b_1$	$a_1b_2$	$a_1b_1$	$a_1b_0$	$a_0b_0$
Subconjuntos	a	b	b	c	d	e

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla C7.**  
**Porcentaje de hinchamiento**

a) Análisis de varianza

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F Valor</b>	<b>Probabilidad</b>
Factor A	8751,65	1	8751,65	326,16	0,0000
Factor B	4813,49	2	2406,74	89,69	0,0000
Replicas	137,056	2	68,5281	2,55	0,1271
Interacción	146,305	2	73,1526	2,73	0,1135
Error	268,325	10	26,8325		
<b>Total</b>	<b>14116,8</b>	<b>17</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula para el efecto de los factores A y B, para el porcentaje de hinchamiento se rechaza al 5% de significación.

$$q_{(0,05;3;10)} = 3,88 \text{ y } T = 8,20$$

b) Medias aritméticas para la prueba de Tukey

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias (%)</b>	<b>b<sub>0</sub></b>	<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>
		97,87	115,20	137,81
<b>b<sub>0</sub></b>	97,87	0	17,33*	39,94*
<b>b<sub>1</sub></b>	115,20		0	22,61*
<b>b<sub>2</sub></b>	137,81			0

Elaborado por: Verónica Martínez

**Nota:** \* Existe diferencia significativa

c) Subconjuntos de tratamientos establecidos en base a la prueba de Tukey

Tratamientos	$b_0$	$b_1$	$b_2$
Subconjuntos	a	b	c

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla C8.**  
**% de Grado de desintegración en el agua de cocción**

a) Análisis de varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
Factor A	126,352	1	126,352	54,41	0,0000
Factor B	87,9249	2	43,9624	18,93	0,0004
Replicas	2,34101	2	1,17051	0,50	0,6186
Interacción	27,1697	2	13,5849	5,85	0,0208
Error	23,2209	10	2,32209		
<b>Total</b>	<b>267,009</b>	<b>17</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula para el efecto de los factores A y B, y del efecto combinado de los mismos para el % del grado de desintegración en el agua de cocción se rechaza al 5% de significación.

$$q_{(0,05;6;10)} = 4,91 \text{ y } T = 4,31$$

b) Medias aritméticas para la prueba de Tukey

Tratamientos Medias (%)	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_0b_0$	$a_0b_1$	$a_0b_2$
$a_1b_0$ 12,22	0	5,83*	8,17*	8,55*	10,55*	10,78*
$a_1b_1$ 18,06		0	2,33	2,72	4,72*	4,94*
$a_1b_2$ 20,39			0	0,39	2,39	2,61
$a_0b_0$ 20,78				0	2	2,22
$a_0b_1$ 22,78					0	0,22
$a_0b_2$ 23,00						0

Elaborado por: Verónica Martínez

Nota: \* Existe diferencia significativa

c) Subconjuntos de tratamientos establecidos mediante la prueba de Tukey

Tratamientos	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_1b_2$	$a_0b_0$	$a_0b_1$	$a_0b_2$
Subconjuntos	a	b	bc	bc	c	c

Elaborado por: Verónica Martínez

Tabla C9.

% de Grado de desintegración en el agua de lavado

a) Análisis de varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
Factor A	7,1442	1	7,1442	6,64	0,0275
Factor B	52,8134	2	26,4067	24,56	0,0001
Replicas	0,058211	2	0,0291056	0,03	0,9734
Interacción	24,7597	2	12,3798	11,51	0,0025
Error	10,7523	10	1,07523		
<b>Total</b>	<b>95,5278</b>	<b>17</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula para el efecto de los factores A y B, y del efecto combinado de los mismos para el grado de desintegración del agua de lavado se rechaza al 5% de significación.

$$q_{(0,05;6;10)} = 4,91 \text{ y } T = 2,93$$

b) Medias aritméticas para la prueba de Tukey.

Tratamientos Medias (%)	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_0b_0$	$a_0b_1$	$a_0b_2$	$a_1b_2$
	3,61	4,94	6,39	8,00	8,11	10,17
$a_1b_0$ 3,61	0	1,33	2,78	4,39*	4,49*	6,55*
$a_1b_1$ 4,94		0	1,44	3,05*	3,16*	5,22*
$a_0b_0$ 6,39			0	1,61	1,72	3,78
$a_0b_1$ 8,00				0	0,11	2,17
$a_0b_2$ 8,11					0	2,06
$a_1b_2$ 10,17						0

Elaborado por: Verónica Martínez

Nota: \* Existe diferencia significativa

c) Subconjuntos de tratamientos establecidos mediante la prueba de Tukey

Tratamientos	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_0b_0$	$a_0b_1$	$a_0b_2$	$a_1b_2$
Subconjuntos	a	a	ab	b	b	b

Elaborado por: Verónica Martínez

➤ **EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS DE PASTA. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

**Diseño bloques completos:**

Modelo:  $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \beta_j + \varepsilon_{ij}$

Donde:

$Y_{ij}$  = Respuesta experimental de los catadores

$\mu$  = Mide la variable

$\tau_j$  = Catadores

$\beta_j$  = Bloques

$\varepsilon_{ij}$  = Error

Hipótesis:

**Nula:**  $H_0: T_1=T_2=T_3$

**Alternativa:**  $H_1: T_i \neq T_j$

**Prueba de Dunnet:**

$$DMS_{dunnet} = t_{dunnet} \sqrt{\frac{2CME}{n}}$$

Hipótesis:

$H_0: \mu_i = \mu_{control}$

$H_1: \mu_i \neq \mu_{control}$

**Tabla C10.** Calificaciones promedio de los ensayos de cata para pasta cocida.

Catadores	Color			Apelmazamiento			Firmeza			Pegajosidad			Aceptabilidad		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	4,0	2,0	3,0	3,0	1,5	2,0	3,5	2,5	2,5	4,5	3,0	4,0	4,0	2,5	2,5
2	3,5	1,0	2,0	3,5	1,5	2,0	3,0	1,5	2,5	4,5	3,0	3,5	3,5	3,0	3,5
3	4,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,5	4,0	3,5	4,0
4	3,5	1,0	2,5	2,0	2,5	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5	3,0	3,5	3,0	3,0	3,0
5	4,5	1,5	2,0	2,0	3,0	2,5	3,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	3,5	3,0	4,0
6	4,0	1,5	3,0	4,0	3,0	3,5	3,0	2,0	3,0	4,5	3,5	4,5	4,5	3,5	3,5
7	4,0	2,0	2,5	2,5	3,5	2,0	2,5	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,5	3,0	3,5
8	4,5	1,5	3,5	4,0	2,5	3,0	2,0	3,0	2,0	4,5	2,5	2,0	5,0	2,5	3,0
9	3,5	1,5	3,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	3,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,5	3,0
10	4,0	1,5	2,5	3,5	3,0	2,5	3,0	3,5	3,5	4,5	4,0	3,5	2,5	2,5	3,5
11	4,0	1,5	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0	4,0	3,0	4,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,0
12	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,5	3,0	3,0	3,5	4,0	3,5	5,0	3,5	3,5	3,5
13	3,5	1,5	3,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,0	3,0	4,5	3,0	3,0	4,0
14	4,0	2,0	3,0	4,0	2,5	2,0	2,5	4,5	3,5	2,5	3,0	4,0	4,5	3,0	3,5
15	4,5	1,5	1,5	3,5	2,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	1,5	3,0	3,5	3,5	4,0

Elaborado por: Verónica Martínez

**Tabla C11.**

**Color**

a) Análisis de varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
Tratamientos	41,0111	2	20,5056	111,37	0,0000
Catadores	4,5777	14	0,3270	1,78	0,0953
Error	5,1555	28	0,1841		
<b>Total</b>	<b>50,7444</b>	<b>44</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula de igualdad en el efecto de los tratamientos para la coloración se rechaza al 5% de significación.

$$t_{\text{dunnet}}(0,05;k-1;GLE) = 1,92 \text{ y } \mathbf{DMS_{\text{dunnet}} = 0,301}$$

b) Prueba de la DMS de Dunnet,

Tratamientos	Promedios	Diferencia	Hipótesis nula
T1	4,00	T1-T2 2,33	Se rechaza
T2	1,67	T1-T3 1,30	Se rechaza
T3	2,70		

Elaborado por: Verónica Martínez

T1= Tratamiento control

La relación entre los tratamientos muestra significancia al nivel 0,05

**Tabla C12.**  
**Apelmazamiento**

a) Análisis de varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
Tratamientos	2,8778	2	1,4389	3,68	0,0382
Catadores	6,4778	14	0,4627	1,18	0,3399
Error	10,9556	28	0,3913		
<b>Total</b>	<b>20,3111</b>	<b>44</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez



La hipótesis nula de igualdad en el efecto de los tratamientos para el apelmazamiento se rechaza al 5% de significación.

$$t_{\text{dunnet}}(0,05;k-1;GLE) = 1,92 \text{ y } \mathbf{DMS_{\text{dunnet}} = 0,438}$$

b) Prueba de la DMS de Dunnet,

Tratamientos	Promedios	Diferencia de medias	Hipótesis nula
T1	3,10	T1-T2 0,57	Se rechaza
T2	2,53	T1-T3 0,50	Se rechaza
T3	2,60		

Elaborado por: Verónica Martínez

T1= Tratamiento control

Los pastas elaboradas con harina de zanahoria blanca (T2, T3) difieren del control.

**Tabla C13.** Análisis de varianza para la firmeza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F Valor	Probabilidad
Tratamientos	0,2111	2	0,1056	0,32	0,7301
Catadores	6,9111	14	0,4936	1,49	0,1798
Error	9,2889	28	0,3317		
<b>Total</b>	<b>16,4111</b>	<b>44</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula de igualdad en el efecto de los tratamientos para la firmeza se acepta al 5% de significación.

**Tabla C14.  
Pegajosidad**

a) Análisis de varianza

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F Valor</b>	<b>Probabilidad</b>
Tratamientos	5,8111	2	2,9055	7,49	0,0025
Catadores	6,7778	14	0,4841	1,25	0,2977
Error	10,8556	28	0,3877		
<b>Total</b>	<b>23,4444</b>	<b>44</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula de igualdad en el efecto de los tratamientos para la pegajosidad se rechaza al 5% de significación.

$$t_{\text{dunnet}}(0,05;k-1;GLE) = 1,92 \text{ y } \mathbf{DMS_{\text{dunnet}} = 0,436}$$

b) Prueba de la DMS de Dunnet

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Hipótesis nula</b>
T1	4,00	T1-T2 0,87	Se rechaza
T2	3,13	T1-T3 0,30	Se acepta
T3	3,70		

Elaborado por: Verónica Martínez

T1= Tratamiento control

El tratamiento 2 difiere del control, mientras que el tratamiento 3 no tiene diferencia significativa con el testigo, a un nivel de significancia del 0,05%.

**Tabla C15.**  
**Aceptabilidad**

a) Análisis de varianza

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F Valor</b>	<b>Probabilidad</b>
Tratamientos	3,0778	2	1,5389	6,22	0,0058
Catadores	4,0778	14	0,2913	1,18	0,3429
Error	6,9222	28	0,2472		
<b>Total</b>	<b>14,0778</b>	<b>44</b>			

Elaborado por: Verónica Martínez

La hipótesis nula de igualdad en el efecto de los tratamientos para la aceptabilidad se rechaza al 5% de significación.

$$t_{\text{dunnet}}(0,05;k-1;GLE) = 1,92 \text{ y } \mathbf{DMS_{\text{dunnet}} = 0,348}$$

b) Prueba de la DMS de Dunnet

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Hipótesis nula</b>
T1	3,67	T1-T2    0,63	Se rechaza
T2	3,03	T1-T3    0,23	Se acepta
T3	3,43		

Elaborado por: Verónica Martínez

T1= Tratamiento control

El tratamiento 2 difiere del control, mientras que el tratamiento 3 no tiene diferencia significativa con el testigo, a un nivel de significancia del 0,05%.

➤ **PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL MEJOR TRATAMIENTO**

**Tabla C16.** Composición proximal de la pasta elaborada con HZB/SC al 5% de sustitución y 100% harina de trigo

Parámetro	Porcentaje (%)		
	95% de harina de trigo + HZB/SC al 5%	100% harina de trigo (Norma INEN 1375)	
		Min.	Máx.
Sólidos totales	85.40	-	-
Carbohidratos	83,83	-	-
Proteína	14,60	10,50	-
Humedad	11.60	-	14,00
Cenizas	0,67	-	0,85
Fibra	0,57	-	-
Extracto etéreo	0,20	-	-

**Elaborado por:** Verónica Martínez

**Nota:** El pH de la pasta con HZB/SC al 5% es de 7,21

**Tabla C17.** Recuento de microorganismos en las pastas con HZB/SC al 5% de sustitución y 100% harina de trigo

Muestra	Microorganismo (ufc/g)		
	Aerobios mesófilos	Mohos y levaduras	Coliformes
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>	5,13E+03	>10	>10
Testigo	4,73E+03	1,35E+02	>10
Requerimiento	1,00E+05	3,00E+02	1,00 E+03

**Elaborado por:** Verónica Martínez

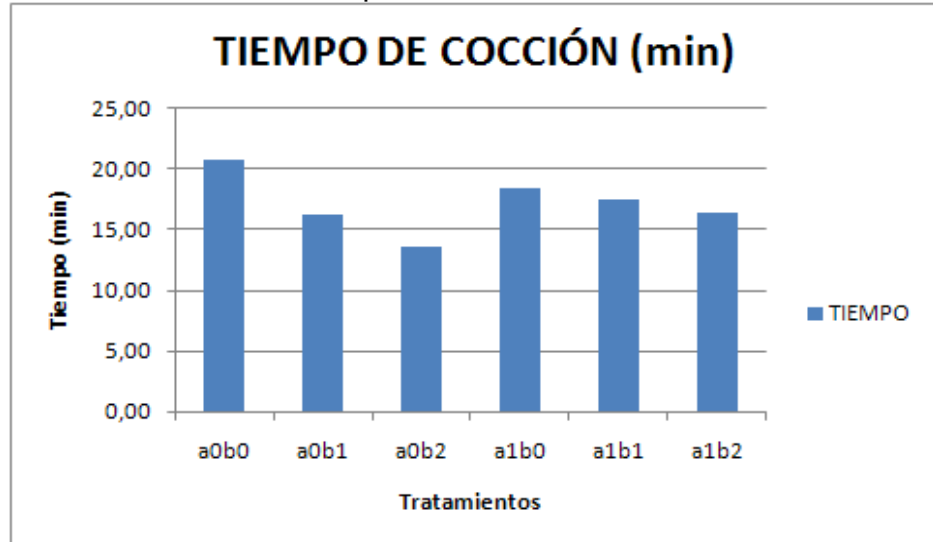
**Nota:** El requerimiento para Aerobios mesófilos, Mohos y levaduras esta establecido por la Norma INEN 1375 y para Coliformes por la Norma IBNORCA 39001

# **ANEXO D**

# **GRÁFICOS**

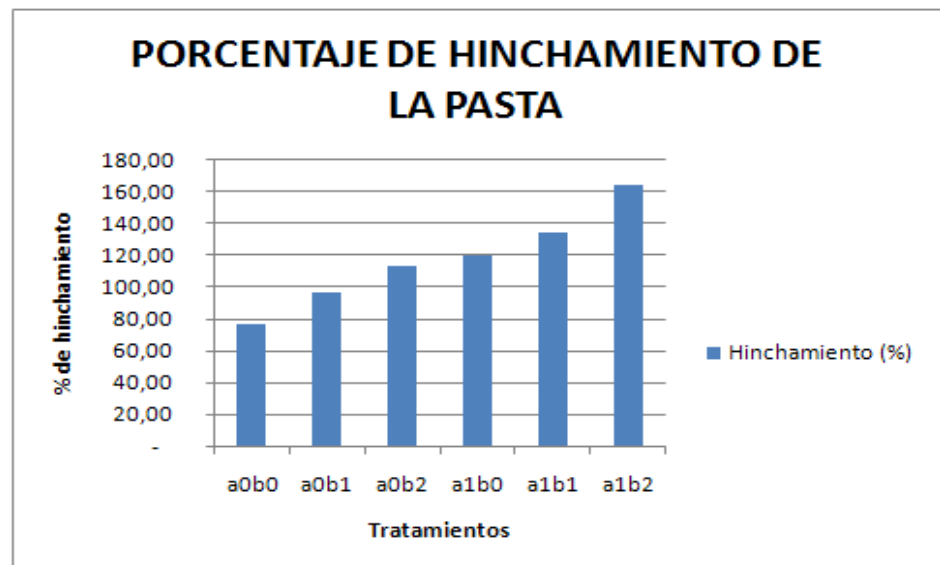
## CALIDAD DE COCCIÓN DE LAS PASTAS

**Gráfico D1.** Promedio de los tiempos de cocción de las pastas elaboradas.



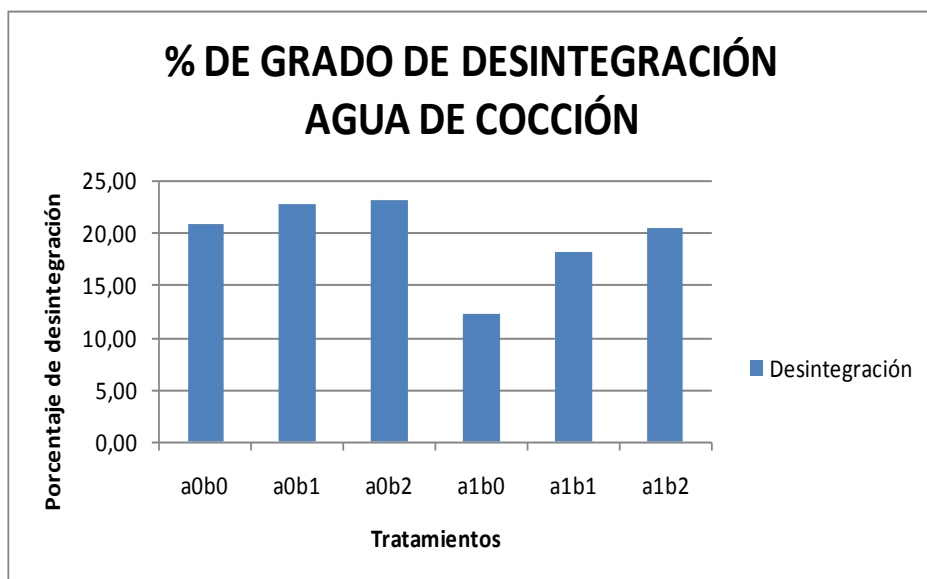
Elaborado por: Verónica Martínez

**Gráfico D2.** Promedio de los porcentajes de hinchamiento de las pastas elaboradas



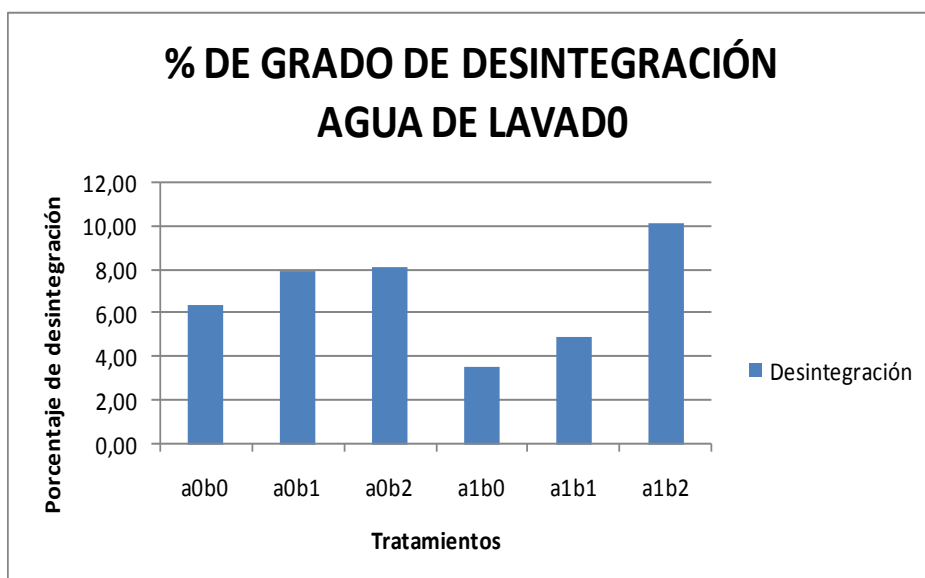
Elaborado por: Verónica Martínez

**Gráfico D3.** Promedio de los porcentajes de desintegración para el agua de cocción de las pastas elaboradas



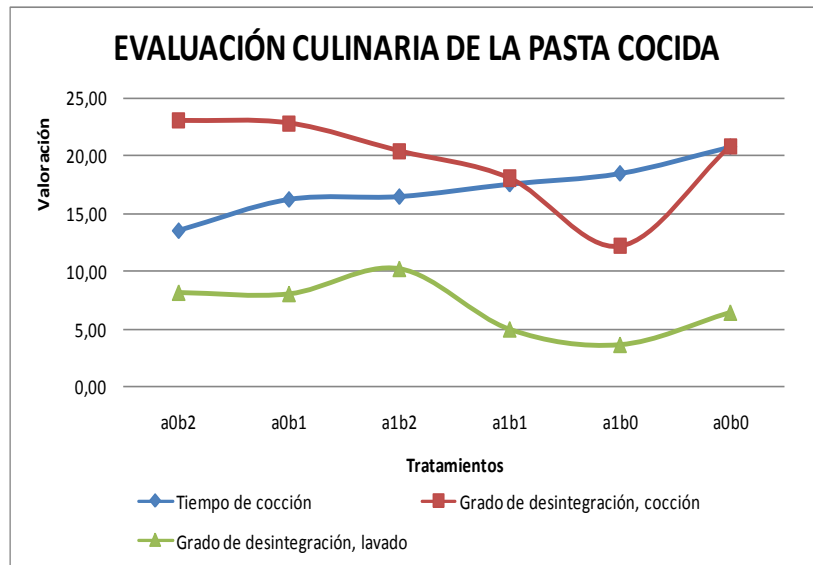
Elaborado por: Verónica Martínez

**Gráfico D4.** Promedio de los porcentajes de desintegración para el agua de lavado de las pastas elaboradas



Elaborado por: Verónica Martínez

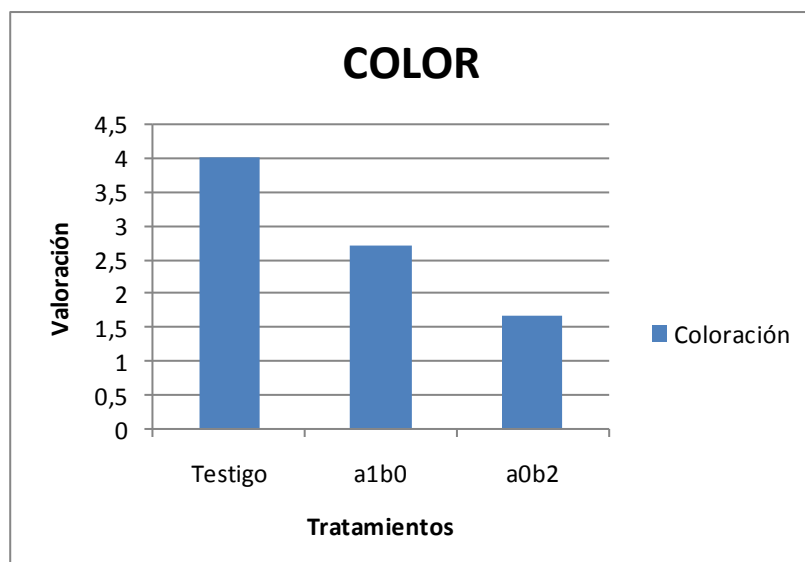
**Gráfico D5.** Comparación entre los promedios de las valoraciones de tiempo de cocción v arado de desintegración.



Elaborado por: Verónica Martínez

### EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS DOS MEJORES TRATAMIENTOS DE PASTA Y EL TESTIGO

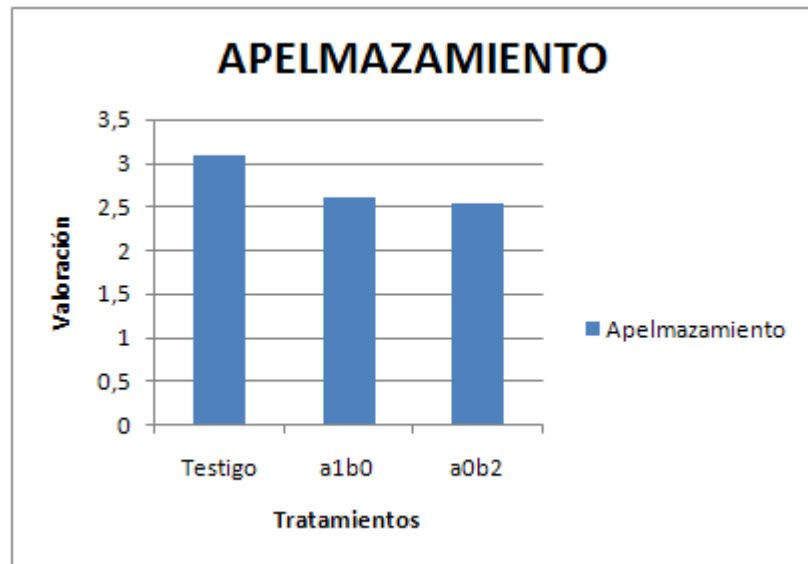
**Gráfico D6.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para el color de la pasta cocida.



Elaborado por: Verónica Martínez

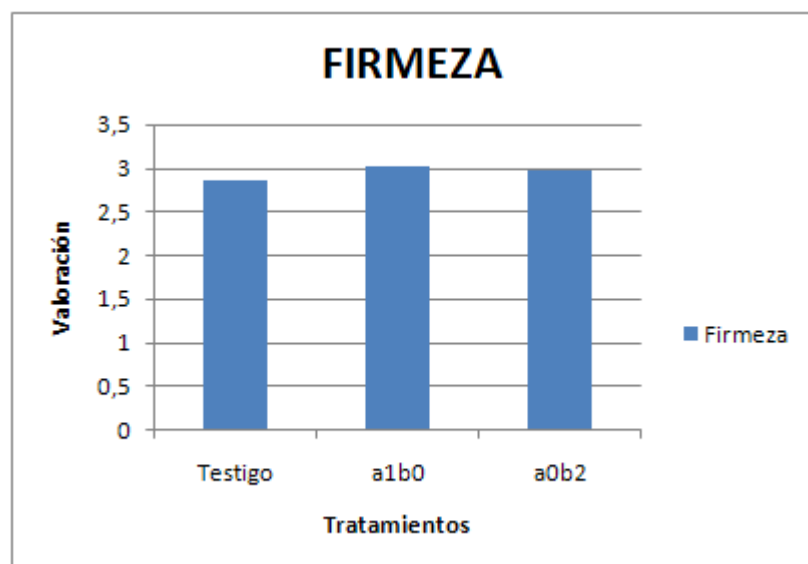


**Gráfico D7.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para el apelmazamiento de la pasta cocida.



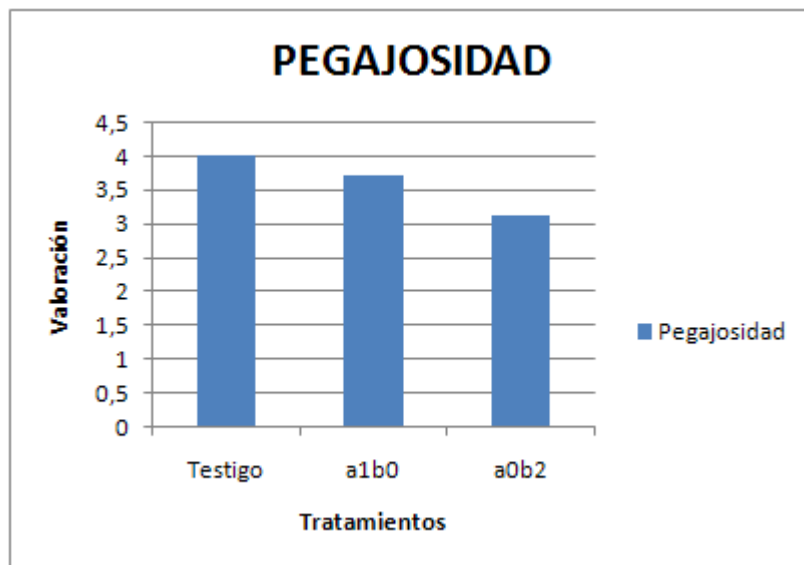
Elaborado por: Verónica Martínez

**Gráfico D8.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para la firmeza de la pasta cocida.



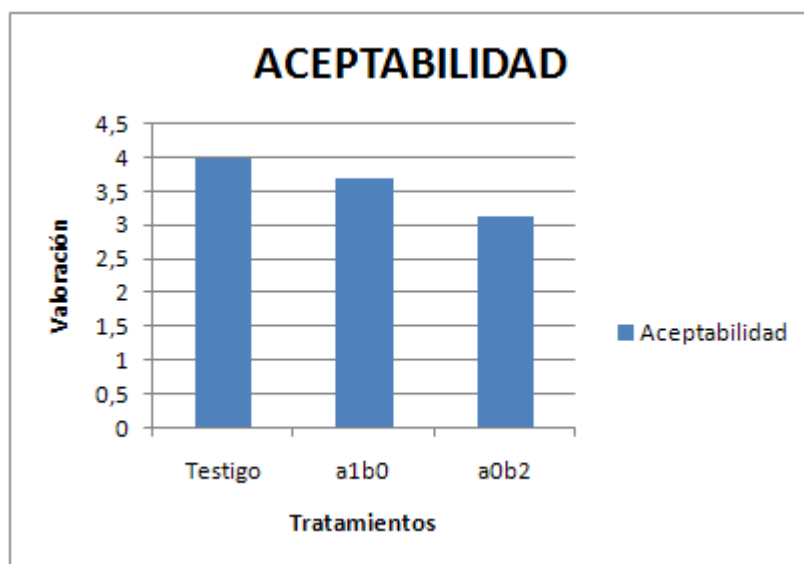
Elaborado por: Verónica Martínez

**Gráfico D9.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para la pegajosidad de la pasta cocida.



Elaborado por: Verónica Martínez

**Gráfico D10.** Promedio de las calificaciones de cata obtenidas para la aceptabilidad de la pasta cocida.



Elaborado por: Verónica Martínez

**ANEXO E**

**DIAGRAMA DE PROCESOS Y**

**FOTOGRAFÍAS**

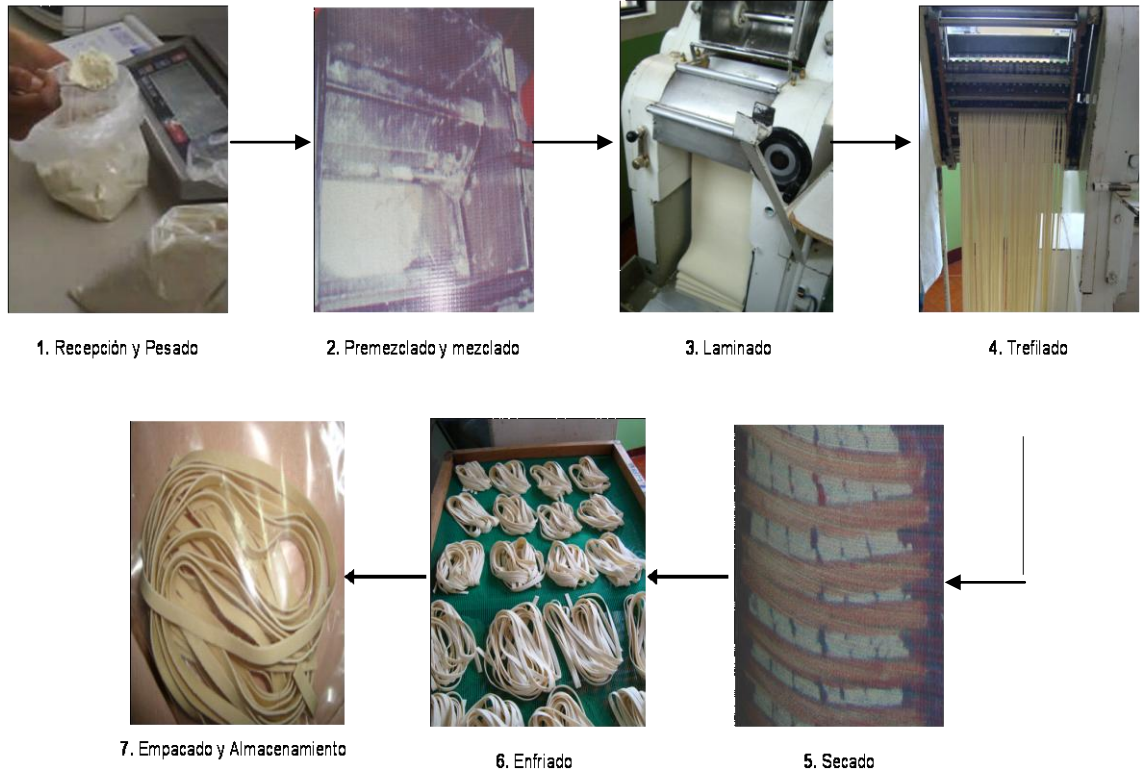
## Diagrama E1. Elaboración de Harina de Zanahoria Blanca



**Elaborado por:** Verónica Martínez

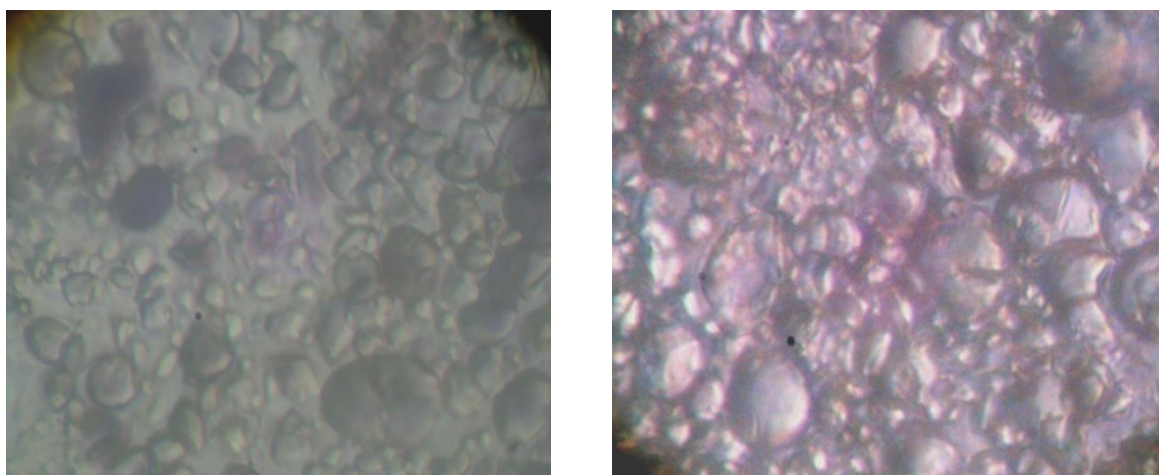
**Nota:** El diagrama presentado muestra el proceso para la elaboración de HZB/SC; para la realización de HZB/CC se omite el proceso de pelado.

## Diagrama E2. Elaboración de pasta



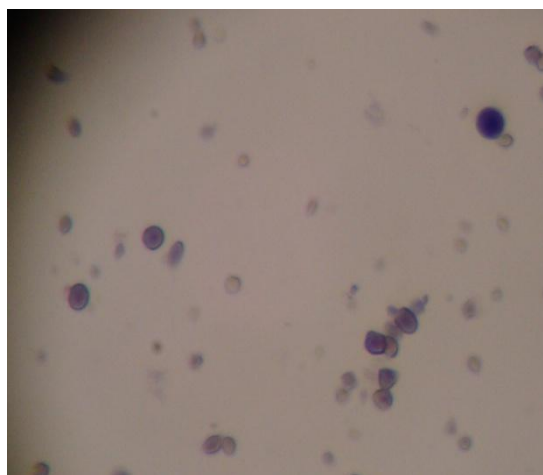
**Elaborado por:** Verónica Martínez

## ALMIDÓN DE LA HARINA DE ZAHAHORÍA BLANCA Y DE TRIGO



**Fotografía E1.** Almidón de la harina de zanahoria blanca (400X)  
(Izquierda: con cáscara. Derecha: sin cáscara)

**Fuente:** Laboratorio de Microbiología, FCIAL



**Fotografía E2.** Almidón de la harina de trigo (400X)

**Fuente:** Laboratorio de Microbiología, FCIAL

## ANÁLISIS DE LA PASTA

### Calidad De cocción

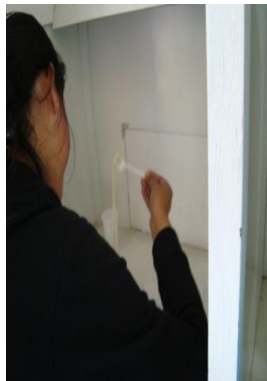


**E3.** Cocción de la pasta



**E4.** Pasta Cocida,  
elaborada con HZB.

### Evaluación Sensorial y Calidad Microbiológica.



**E5.** Cataciones



**E6.** Calidad  
Microbiológica