



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

“UTILIZACIÓN DE CUATRO NIVELES DE ZANAHORIA BLANCA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL PAN”.

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para obtener al grado académico de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORA: PATRICIA ALEXANDRA CAYAMBE DUCHI

DIRECTOR: ING. ARMANDO VINICIO PAREDES PERALTA

Riobamba-Ecuador

2020

©2020, Patricia Alexandra Cayambe Duchi

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Patricia Alexandra Cayambe Duchi. Declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

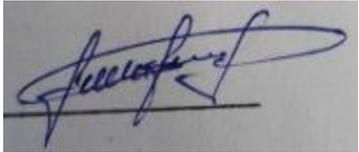
Riobamba, 23 de enero del 2020

Patricia Alexandra Cayambe Duchi

060484746-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“UTILIZACIÓN DE CUATRO NIVELES DE ZANAHORIA BLANCA Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL PAN”** de responsabilidad de la señorita: **PATRICIA ALEXANDRA CAYAMBE DUCHI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Erazo Rodríguez Fredy Patricio PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2020/01/23
Ing. Paredes Peralta Armando Vinicio. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2020/01/23
BQF. López Sampedro Sandra Elizabeth, M.G. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2020/01/23

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a Dios por darme la vida, salud y sobre todo por darme la inteligencia para poder enfrentar todos los obstáculos en todo este período de estudio, por su inagotable paciencia, por las oportunidades que me ha brindado para lograr esta meta anhelada en mi vida, por las fuerzas, por el amor y por darme la capacidad para culminar esta etapa.

A mis padres Ernestina Duchi y Juan Cayambe por estar siempre a mi lado, por su lucha incansable, su esfuerzo, dedicación en todo momento y por ser el pilar fundamental en mi vida, por sus sabios consejos, por inculcarme valores que me permitieron lograr cada objetivo que me propuse con su constancia, cariño y sobre todo por darme el apoyo en una carrera para mi futuro, todo se los debo a ustedes.

A mis hermanos, Evelyn, Brayan, Jair por su apoyo y para que vean en mí un ejemplo a seguir y que en la vida nada es imposible cuando se propone.

A mi novio Jonathan Tenesaca por su constante apoyo incondicional a lo largo de mí preparación, por su amor, su actitud y su influencia sumamente positiva en mí brindado durante todos estos años.

A ellos dedico este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido alcanzar mi meta propuesta.

Patricia C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias Pecuarias a mis docentes por compartir sus conocimientos, experiencias y darme la motivación para culminar mis estudios. Y en especial al Ing. Vinicio Paredes y a la Dra. Sandra López por su gran apoyo para la elaboración de este trabajo que permitirá graduarme.

A la Escuela Politécnica Nacional al Departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología por darme la oportunidad para desarrollar el presente trabajo de titulación en especial al Dr. Pedro Maldonado y la Ing. Lucía Buitrón por su ayuda en la realización de los análisis.

A mis amigas Lourdes, Joselyn, Marllury y Mery por los momentos compartidos durante la carrera estudiantil por haber compartido sus conocimientos, anécdotas y por saber aconsejarme.

Gracias a todas esas personas y amigas que pusieron su granito de arena para hacer de mí una persona de bien.

Patricia C.

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. ZANAHORIA BLANCA.....	3
<i>1.1.1. Especies del género Arracacia en Sudamérica y su distribución por países.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2. Producción nacional de zanahoria blanca.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3. Variedades de zanahoria blanca.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3.1. Variedad Negra.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3.2. Variedad Morada.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3.3. Variedad Amarilla.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.4. Valor nutricional de la zanahoria blanca.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.5. Valor funcional de la zanahoria blanca.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.6. Cultivo de zanahoria blanca en el Ecuador.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.7. Usos de la zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft).....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.8. Harina de zanahoria blanca.....</i>	<i>7</i>
1.2. TRIGO.....	7
<i>1.2.1. Harina de trigo (NTE INEN 616:2006).....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Tipos de harinas.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3. Clasificación de harina de trigo.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.1. Harina panificable.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.2. Harina Integral.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.3. Harinas Especiales.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.4. Harinas para todo uso.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4. Valor nutricional de la harina de trigo.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5. Composición de la harina de trigo.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.5.1. Almidón.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.5.2. Gluten.....</i>	<i>10</i>
<i>1.2.5.3. Lípidos.....</i>	<i>10</i>

1.2.5.4. Fibra.....	11
1.2.5.5. Minerales y Cenizas.....	11
1.3. PAN.....	11
1.3.1. Tipos de pan.....	11
1.3.1.1. Pan común.....	11
1.3.1.2. Pan especial.....	12
1.3.1.3. Requisitos.....	12
1.3.2. Uso tradicional del pan.....	13
1.3.3. Valor nutricional y calórico.....	13
1.3.4. Química de la panificación.....	14
1.3.4.1. Transformación de la harina en masa.....	14
1.3.4.2. La masa.....	14
1.3.4.3. La fermentación.....	14
1.3.4.4. Horneado.....	15
1.3.5. Materias primas para la elaboración del pan.....	15
1.3.5.1. Harina para pan.....	15
1.3.5.2. Agua.....	15
1.3.5.3. Sal.....	16
1.3.5.4. Levadura.....	17
1.3.5.5. Azúcar.....	17
1.3.5.6. Grasa.....	18
CAPÍTULO II	
2. MARCO METODOLÓGICO.....	19
2.1. Localización y duración del experimento.....	19
2.2. Unidades experimentales.....	19
2.3. Materiales, equipos e instalaciones.....	19
2.3.1. <i>Materia prima</i>	19
2.3.2. <i>Ingredientes</i>	19
2.3.3. <i>Materiales</i>	20
2.3.4. <i>Materiales de oficina</i>	21
2.3.5. <i>Equipos</i>	21
2.3.6. <i>Reactivos</i>	22
2.3.7. <i>Instalaciones</i>	22
2.4. Tratamientos y diseño experimental.....	22
2.4.1. <i>Esquema del Experimento</i>	23
2.5. Mediciones experimentales.....	23
2.5.1. <i>Calidad Panadera</i>	23

2.5.2. Análisis en las etapas de amasado y al producto final.....	23
2.5.2.1. Simulador de Farinografía.....	23
2.5.2.2. Caracterización reológica.....	23
2.5.2.3. Textura.....	24
2.5.3.1. Análisis Sensorial.....	24
2.5.3. Análisis del producto final con mayor aceptación.....	24
2.5.3.1. Características físicoquímicos.....	24
2.5.3.2. Análisis microbiológicos.....	24
2.5.4. Análisis económicos.....	25
2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia.....	25
2.7. Procedimiento experimental.....	25
2.7.1. Elaboración de la harina de zanahoria blanca.....	25
2.7.1.1. Recepción de la materia prima.....	26
2.7.1.2. Selección.....	26
2.7.1.3. Lavado.....	26
2.7.1.4. Pelado.....	27
2.7.1.5. Cortado.....	27
2.7.1.6. Secado.....	27
2.7.1.7. Molido.....	27
2.7.1.8. Tamizado.....	27
2.7.1.9. Empaque.....	27
2.7.2. Elaboración del pan.....	27
2.7.2.1. Recepción de materias primas.....	28
2.7.2.2. Dosificación y homogenización.....	28
2.7.2.3. Primera fermentación.....	29
2.7.2.4. Moldeo.....	29
2.7.2.5. Segunda fermentación.....	29
2.7.2.6. Horneo.....	29
2.7.2.7. Desmoldeo y enfriado.....	29
2.7.2.8. Empacado.....	29
2.7.3. Análisis en las etapas de amasado y al producto final.....	29
2.7.3.1. Calidad panadera.....	30
2.7.3.2. Reología en alimentos.....	30
2.7.3.3. Equipo Mixolab Simulator.....	31
2.7.3.4. Analizador de textura TVT 6700.....	31
2.7.3.5. Determinación del Volumen Específico del pan.....	32
2.7.3.6. Análisis sensorial del pan.....	32

2.7.4. <i>Análisis del producto con mayor aceptación</i>	32
2.7.4.1. <i>Características físicoquímicos</i>	33
2.7.5. <i>Análisis microbiológicos</i>	37
2.7.6. <i>Análisis beneficio costo</i>	38
CAPITULO III	
3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
3.1. Simulador de farinografía	39
3.1.1. <i>Absorción de agua (%)</i>	39
3.1.2. <i>Tiempo de desarrollo (min)</i>	40
3.1.3. <i>Estabilidad (min)</i>	41
3.1.4. <i>Debilitamiento de la masa (Nm)</i>	42
3.2. Caracterización reológica	43
3.2.1. <i>Hidratación</i>	43
3.2.2. <i>Estabilidad (min)</i>	45
3.2.3. <i>C1: Desarrollo de la Masa</i>	45
3.2.4. <i>C2: Debilitamiento de la Proteína</i>	45
3.2.5. <i>C3: Gelatinización del Almidón</i>	46
3.2.6. <i>C4: Actividad Amilásica</i>	46
3.2.7. <i>C5: Retrogradación del Almidón</i>	46
3.3. Análisis de la textura del pan	47
3.3.1. <i>Fuerza (g)</i>	47
3.3.2. <i>Volumen Específico (cm³)</i>	48
3.4. Análisis sensorial	49
3.4.1. <i>Color</i>	51
3.4.2. <i>Olor</i>	51
3.4.3. <i>Sabor</i>	52
3.4.4. <i>Textura</i>	53
3.5. Análisis proximal del pan elaborado con harina de zanahoria blanca y con mayor aceptación en el análisis sensorial, que fue el nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y 70% de harina de trigo	54
3.5.1. <i>Humedad</i>	54
3.5.2. <i>Cenizas</i>	55
3.5.3. <i>Proteína</i>	55
3.6. Análisis microbiológico	55
3.7. Análisis beneficio/costo	56
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Especies del género Arracacia en Sudamérica y su distribución por países.	4
Tabla 2-1:	Valor nutricional de la zanahoria blanca	6
Tabla 3-1:	Composición nutricional por 100 gramos.	9
Tabla 4-1:	Requisitos bromatológicos del pan.	13
Tabla 5-1:	Requisitos microbiológicos del pan.	13
Tabla 6-1:	Composición química de harina de trigo.....	15
Tabla 7-2:	Esquema del Experimento.	23
Tabla 8-2:	Esquema del ADEVA.	25
Tabla 9-2:	Formulaciones experimentales para la elaboración del pan con diferentes niveles se sustitución de la harina de zanahoria blanca.	29
Tabla 10-2:	Parámetros que determina el equipo Mixolab.	31
Tabla 11-3:	Simulador de farinografía de los diferentes niveles de la harina de zanahoria blanca en la elaboración de pan.	39
Tabla 12-3:	Caracterización del comportamiento reológico de los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca, en la elaboración de pan.....	44
Tabla 13-3:	Análisis de textura del pan de los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca, en la elaboración de pan.	47
Tabla 14-3:	Evaluación Sensorial del pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca..	50
Tabla 15-3:	Análisis microbiológico del pan con.....	56
Tabla 16-3:	Evaluación del beneficio/costo de la elaboración de pan de los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Variedad Negra.	5
Figura 2-1: Variedad Morada.....	5
Figura 3-1: Variedad Amarilla.	6

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -2:	Diagrama de flujo de la elaboración.....	26
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo de la elaboración del pan.	28
Gráfico 3-3:	Regresión en función al parámetro de la Absorción del Agua (%) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.	40
Gráfico 4-3:	Regresión en función al parámetro del Tiempo de Desarrollo (min) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.	41
Gráfico 5-3:	Regresión en función al parámetro de la Estabilidad (min) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.	42
Gráfico 6-3:	Regresión en función al parámetro del Debilitamiento (Nm) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.	43
Gráfico 7-3:	Regresión en función al parámetro del punto de fuerza en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.	48
Gráfico 8-3:	Regresión en función al parámetro del volumen en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.	49
Gráfico 9-3:	Análisis sensorial del color del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.	51
Gráfico 10-3:	Análisis sensorial del olor del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.....	52
Gráfico 11-3:	Análisis sensorial del sabor del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.	53
Gráfico 12-3:	Análisis sensorial de la textura del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.	54
Gráfico 13-3:	Composición físico-química de pan al nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y el 70% de harina de trigo.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Boleta para análisis sensorial en la elaboración de pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.
- Anexo B:** Estadística de absorción de agua (%) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo C:** Estadística de tiempo de desarrollo (min) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo D:** Estadística de estabilidad (min) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo E:** Estadística de debilitamiento (min) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo F:** Estadística Tiempo de C1: Desarrollo de la masa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo G:** Estadística Tiempo de C2: Debilitamiento de proteínas de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo H:** Estadística Tiempo de C3: Gelatinización del almidón de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo I:** Estadística Tiempo de C4: Actividad de la amilasa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo J:** Estadística Tiempo de C5: Actividad de la amilasa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo K:** Estadística Estabilidad (min) de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo L:** Estadística Hidratación (%) de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo M:** Estadística Par de C1: Desarrollo de la masa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo N:** Estadística Par de C2: Debilitamiento de proteínas de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo O:** Estadística Par de C3: Gelatinización del almidón de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.
- Anexo P:** Estadística Par de C4: Actividad de la amilasa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

Anexo Q: Estadística Par de C5: Retrogradación del almidón de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

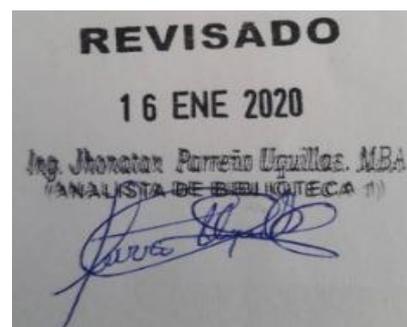
Anexo R: Estadística Volumen específico de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

Anexo S: Estadística Textura de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Facultad de Ciencias Pecuarias en la que se realizó la sustitución parcial de harina de zanahoria blanca por la harina de trigo con los siguientes niveles de sustitución (10%,20%,30%,40%) en la elaboración de pan, el tamaño de la unidad experimental utilizada fue de 1kg por tratamiento, para lo cual se aplicó un diseño completamente al azar DCA con cuatro repeticiones. En el simulador de farinografía presentaron diferencias altamente significativas, Absorción de agua 62,58%, Tiempo de desarrollo 3 min, Estabilidad 9,25 min y Debilitamiento 0,22 Nm. En la Caracterización Reológica no presentó diferencias estadísticas en el Desarrollo de la masa a diferencia del Debilitamiento de la proteína 0,23Nm, Gelatinización del almidón 0,50Nm, Actividad amilásica 0,48Nm, Retrogradación del almidón 0,70 Nm presentaron diferencias altamente significativas. Concluyendo con el Análisis Sensorial el producto con mayor aceptación corresponde a la sustitución del 30% de harina de zanahoria blanca y el 70% de harina de trigo, en el análisis físico-químico se obtuvo valores de proteína 10,03%, humedad 37,61%, cenizas 2,09%, para los análisis microbiológicos se determinó ausencia de mohos y levaduras. El beneficio costo de la elaboración del pan fue de \$1,30 dólares americanos. Se recomienda utilizar la harina de zanahoria blanca en otros tipos de productos por el gran beneficio nutricional que esta presenta incrementando el consumo de este tubérculo que en la actualidad es limitado.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS> <FARINOGRAFÍA>, <REOLOGÍA>, <ZANAHORIA BLANCA (ARRACACIA XANTHORRIZA BANCROFT)>, <PAN>, <ANÁLISIS SENSORIAL>, <ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS>.



ABSTRACT

This research was carried out at the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo at the Faculty of Animal Sciences in which the partial replacement of white carrot flour with wheat flour was carried out with the following substitution levels (10%, 20%, 30%, 40%) for bread making, the size of the experimental unit used was 1 kg per treatment, for which a completely randomized DCA design with four repetitions was applied. In the farinography simulator it was shown highly significant differences, Water Absorption 62,58%, development Time 3 min, Stability 9,25 min and Weakening 0,22 Nm. In the Rheological Characterization there were no statistical differences in the development of the mass unlike the weakening of the 0,23Nm protein, 0,50Nm starch gelatinization, amylase activity 0,48Nm, the retrogradation of starch 0,70 Nm presented highly significant differences. Concluding with the Sensory Analysis, the product with greater acceptance corresponds to the replacement of 30% white carrot flour and 70% wheat flour. In the physical-chemical analysis protein values were obtained 10,03%, humidity 37,61 %, ashes 2,09%, for the microbiological analysis, the absence of mold and yeast was determined. The cost benefit of making bread was \$1,30 American dollars. It is recommended to use white carrot flour in other types of products because of the great nutritional benefit that this presents by increasing the consumption of this tuber that is currently limited.

Keywords: < TECHNOLOGY AND AGRICULTURAL SCIENCES> <FARINOGRAPHY>, <REOLOGY>, <WHITE CARROT (*ARRACACIA XANTHORRHIZA BANCROFT*)>, <BREAD>, <SENSORY ANALYSIS>, <PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>.



INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el 98% del trigo es importado de Canadá, Estados Unidos y Argentina y solo el 2% es de producción nacional (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2014, p.4); la misma que no abastece al mercado local por la carencia de semillas y la masiva importación del producto es la consecuencia de la gran demanda existente de este cereal, además nuestro país no cuenta con las cuatro estaciones, siendo estos los factores más relevantes que impiden la producción del trigo.

La harina de trigo es fácilmente digerible, pobre en fibra y ha sido considerada como un nutriente sin valor alimentario; sin embargo, el consumo de la fibra es un factor importante en la dieta alimentaria, además en su composición proteica contiene gluten siendo el principal problema con los cereales; ya que esto afecta a las personas que son propensas a enfermedades celíacas causando una gran intolerancia a la misma, por el contrario la zanahoria blanca es un tubérculo producido en la serranía ecuatoriana que se encuentra disponible todo el año y en algunos casos de forma silvestre, es resistente a plagas y enfermedades, conocida por su alto contenido en fibra dietética, posee un almidón de tamaño granular pequeño y características físico-químicas interesantes de fácil digestibilidad, un alto contenido de calcio, fosforo, hierro, vitaminas, caroteno y no posee gluten en su composición.

Este producto esta principalmente dirigido a niños, adultos y ancianos con presencia de enfermedades celíacas siendo esta de origen genético ya que al consumir productos que contienen gluten daña su intestino delgado.

La industria alimenticia en la actualidad se halla en la búsqueda de almidones que presenten tolerancia a tratamientos industriales drásticos como esterilización, congelación, entre otros. Es por esta razón que los almidones modificados química o genéticamente han sido desarrollados.

Una de las características importantes del almidón de *A. xanthorrhiza* es el bajo contenido de amilosa, alrededor del 4 %, lo que le permite ser resistente a condiciones de almacenamiento como refrigeración o congelación presentando baja o ninguna retrogradación. Esto lo hace un potencial sustituto de almidones modificados con bajo o ningún contenido de amilosa. (Cobo, G *et al.*,2013,p.15)

En la presente investigación se pretende utilizar la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) por lo que es cultivada principalmente por su raíz, la misma que se caracteriza por su sabor agradable, alto contenido de calcio, vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo. (Rozano,L *et al.*,2004.p.9), y así nos permitirá determinar el comportamiento de la

premezcla de harinas (harina de zanahoria blanca-harina de trigo); por lo cual se ha planteado los siguientes objetivos

- Determinar el comportamiento de la premezcla de harinas (harina de zanahoria blanca-harina de trigo) durante el amasado.
- Establecer la aceptabilidad del producto mediante evaluaciones sensoriales.
- Evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto con mayor aceptabilidad.
- Calcular el beneficio costo del producto mediante la utilización de la siguiente fórmula (B/C).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. ZANAHORIA BLANCA

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) es una especie perenne perteneciente a la familia Apiaceae, cultivada por el alto valor nutricional y alimenticio de sus raíces tuberosas reservantes que contienen un almidón de fácil digestibilidad y es uno de los cultivos más antiguos de la región andina precediendo inclusive a la papa y al maíz. (Parra, M, 2018,p.6)

(Mazón, C, 1996.p.9) Menciona que: “La zanahoria blanca es una raíz tuberosa cultivada en los valles interandinos desde los 700 hasta los 3200 msnm. A pesar de que posee un almidón de tamaño granular pequeño y características fisicoquímicas interesantes, un alto contenido de calcio, cantidades importantes de fosforo, hierro, vitaminas, caroteno, etc., el potencial para procesamiento y usos culinarios de este cultivo todavía no ha sido reconocido”.

Según (Higuera, M; & Prado, R, 2013.p.9) en sus investigaciones menciona que: “la zanahoria blanca es una planta herbácea, caulescente. Usualmente alcanza altura de alrededor de 1,0 m y puede variar entre 0,50 y 1,50 metros, tiene un tronco cilíndrico corto con numerosos brotes en la parte superior de donde parten las hojas de peciolos largos y sus flores son de color púrpura, siendo el principal producto de la planta que almacena la mayor parte del almidón y los nutrientes.

Su parte comestible es la raíz que asemeja a una zanahoria engrosada, ésta puede ser de color blanco, amarillo o morado según la variedad”. Su uso y valor nutritivo radica en su sabor agradable y fácil digestibilidad, que son reconocidos universalmente.

1.1.1. Especies del género Arracacia en Sudamérica y su distribución por países

En Sudamérica, se reconoce la presencia de 12 especies, distribuidas a lo largo de los Andes, a altitudes entre 2 650-3 500 msnm, en áreas no disturbadas o muy poco intervenidas. Las poblaciones de estas especies, según observaciones personales, están constituidas por pocos individuos y la acción del hombre está impactando negativamente a estas poblaciones. A continuación, en la Tabla 1-1 se presenta la distribución de las especies en Sudamérica, según (Constance, L, 1949,p.218).

Tabla 1-1: Especies del género *Arracacia* en Sudamérica y su distribución por países.

Especie	País	Prov. Dprto. Estado
Arracacia xanthorrhiza	Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile	Cultivada en los Andes
Arracacia penelli	Venezuela, Colombia	Mérida, Cundinamarca, Santander
Arracacia colombiana	Colombia	Cundinamarca, Meta
Arracacia moschata	Ecuador	Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Azuay
Arracacia ellata	Ecuador, Perú	Pichincha, Cañar, Azuay, Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Huanuco, Lima, Piura, Puno, SanMartín
Arracacia incisa	Perú	Ancash, Cuzco, Huanuco, Lima
Arracacia andina	Perú, Ecuador, Bolivia	Cajamarca, Chimborazo, Cañar, no determinada

Fuente: (Constance, L, 1949, p.218)

1.1.2. Producción nacional de zanahoria blanca

En Ecuador este cultivo se distribuye a lo largo del callejón interandino y en menor escala en las estribaciones de las cordilleras Oriental y Occidental. Según el Departamento de Recursos Fitogenéticos de (INIAP, 2009, p.3) las principales zonas de producción de la zanahoria blanca se encuentra la provincia de Tungurahua (35%), Pichincha (San José De Minas) (27%) y Azuay (17%), el 21% restante se atribuye a las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Morona Santiago, entre otras. En la provincia del Azuay la zona en la que se produce la zanahoria blanca es en el cantón Santa Isabel. (Higuera, M; & Prado, R, 2013, p.18)

1.1.3. Variedades de zanahoria blanca

1.1.3.1. Variedad Negra

Es la que presenta los tallos de color morado oscuro teniendo a negro. Se dice que la raíz es blanca y apreciada “harinosa como para hacerle pan”. Puede permanecer en el suelo por un tiempo casi indefinido sin descomponerse ni agrietarse o reventarse. Es la muestra de un desarrollo más lento o demorado. (Higuera, M; & Prado, R, 2013, p.18)



Figura 1-1: Variedad Negra.

Fuente: (Higuera, M; & Prado, R, 2013.p.18)

1.1.3.2. *Variedad Morada*

Tiene una ligera coloración morada al principio de los tallos, junto al tronco. Las raíces suelen ser blancas con una coloración rosada en el “corazón, es decir, en su parte central. Se dice que es como “camote dulce, harinosa” (Higuera, M; & Prado, R, 2013.p.18)



Figura 2-1: Variedad Morada.

Fuente: (Higuera, M; & Prado, R, 2013.p.18)

1.1.3.3. *Variedad Amarilla*

La mata es verde por completo aunque al madurar aparece un ligero amarillento en la base de los tallos. La raíz es de color amarillo y tiene un sabor peculiar, entre menos dulce y algo amarga. Se dice que es precoz y muy cargadora. (Higuera, M; & Prado, R, 2013.p.18)



Figura 3-1: Variedad Amarilla.

Fuente: (Higuera, M; & Prado, R, 2013.p.18)

1.1.4. Valor nutricional de la zanahoria blanca

La zanahoria blanca posee naturalmente una toxina que se denomina falcarinol la cual permite la reducción de una tercera parte del riesgo de padecer cáncer, también posee ácido fólico la cual permite la prevención de la anemia, también ayuda a la reducción del riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares, como se detalla en la Tabla 2-1. (Zhunio, D, 2019.p.30)

Tabla 2-1: Valor nutricional de la zanahoria blanca por 100 gramos.

Nutrientes	Valor energético
Valor energético (cal)	112
Hierro (g)	0,90
Proteínas (g)	1
Grasas (g)	0,10
Carbohidratos (g)	26,90
Fibras (g)	0,60
Calcio (g)	19
Fosforo (%)	17
Vitamina A (mcg)	0
Vitamina C (mg)	31

Fuente: (Zhunio D, 2019.p.30)

1.1.5. Valor funcional de la zanahoria blanca

La utilización de la zanahoria blanca en la alimentación puede ser de forma directa o como producto procesado ya sea en sopas instantáneas, purés deshidratados, chips, harinas, hojuelas y trozos precocidos congelados para su exportación, aprovechando sus características especiales como contenido y calidad del almidón, color y sabor. De este modo, las propiedades funcionales del almidón de la zanahoria blanca tienen crucial importancia para la preparación de algunos platos y productos procesados. (Reinoso, A , 2001.p.14)

1.1.6. Cultivo de zanahoria blanca en el Ecuador

La arracacha es muy adaptable y crece en valles tropicales, subtropicales y templados interandinos. Las zonas de mayor superficie cultivada son San José de Minas en Pichincha, el valle de Intag en Imbabura, y Baños de Tungurahua; siendo la primera la más reconocida. Su cultivo está extendido también en Loja. (Romero, 2016,p.35).

1.1.7. Usos de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

Según (Aguirre , Z, 2001.p.1) La zanahoria blanca generalmente es comercializada en estado fresco para preparar sopas caceras, purés, pasteles y dulces, pero en Colombia y Brasil a partir de estas se han desarrollado algunos productos transformados como harina, arracacha frita, arracacha precocida, sopas instantáneas y alimentos infantiles, en Perú se produce un dulce típico denominado “rallado de arracacha”, el cual es elaborado con miel de caña.

1.1.8. Harina de zanahoria blanca

La harina de zanahoria blanca ha sido identificada como una forma idónea para aumentar las ventajas del procesamiento industrial y puede ser incluida en alimentos como sopas, purés, entre otros (Hurtado, J et al.,1997,p.26).

Se puede utilizar para alimentación humana y animal, en productos congelados, empacados al vacío u otros derivados. La harina de zanahoria blanca mantiene las características nutricionales de las raíces y puede ser utilizada como sustituto de otras harinas para la elaboración de panes, pastas, espesantes, extensor de sopas, condimentos, papillas para bebés y dulces. (Jordán, R, 2018.p.24)

1.2. TRIGO

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o trillado y hace referencia al proceso que se sigue para separar la semilla de su cascarilla. El grano de trigo es fácil de transportar y almacenar, de tal modo que se puede utilizar para la obtención de una gran variedad de productos, tales como harina, harina integral, sémola y malta, los cuales constituyen la materia prima para la elaboración de otra gran variedad de productos alimenticios. Además en Europa fue importante también para la fabricación de papel y cartón (Gómez, M et al., 2009,p.80).

1.2.1. Harina de trigo (NTE INEN 616:2006)

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 616, 2006.p.1) es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*,

Triticum durum) hasta un grado de extracción determinado, considerando el restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).

1.2.2. Tipos de harinas:

- Harinas duras: contenido alto de proteínas.
- Harinas suaves: contenido bajo de proteínas.

1.2.3. Clasificación de harina de trigo

La harina de trigo de acuerdo a su uso se clasifica en:

1.2.3.1. Harina panificable

Harina Extra: Es la harina elaborada hasta un grado de extracción determinado, que puede ser tratada con blanqueadores y / o mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas, y fortificadas con vitaminas y minerales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.1)

1.2.3.2. Harina Integral

Es la harina obtenida de la molienda de granos limpios de trigo y que contiene todas las partes de este, que puede ser tratada con mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas, y fortificada con vitaminas y minerales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.1)

1.2.3.3. Harinas Especiales

Son harinas con un grado de extracción bajo, permite el proceso de industrialización, cuyo destino es la fabricación de productos de pastificio, galletería y derivados de harinas auto leudantes, que pueden ser tratadas con mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.2)

Harina para Pastificio: Es el producto definido anteriormente, elaborado a partir de trigos aptos para esos productos, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.2)

Harinas para Galletas: Es el producto definido en harinas especiales, elaborado a partir de trigos blandos y suaves o con otros trigos aptos para su elaboración., que puede ser tratada con

blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.2)

Harina Autoleudante: Es el producto definido en harinas especiales, que contiene agentes leudantes y que puede ser tratada con agentes blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y fortificadas con vitaminas y minerales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.2)

1.2.3.4. Harinas para todo uso

Es el producto proveniente de las variedades de trigo Hard Red Spring o Norther SpringHard Red Winter, homólogos canadienses o trigos de otras orígenes que sean aptos para la fabricación de pan, fideos galletas, etc. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616., 2006.p.2)

1.2.4. Valor nutricional de la harina de trigo

La harina de trigo es un alimento con un alto contenido en carbohidratos complejos, tomando el 70% por cada cien gramos de la misma; el consumo de esta harina nos aporta gran cantidad de nutrientes como son las proteínas, lípidos, y minerales; destacándose así el hierro, calcio, potasio, yodo, zinc, magnesio y sodio; el alto contenido en vitaminas hidrosolubles que aporta grandes beneficios en la dieta humana, siendo estas la B1,B2,B3,B6,B9, así como la vitamina E, grasas y azúcares. Como se puede observar en la Tabla 3-1. (Silva, C, 2016.pp.9-10)

Tabla 3-1: Composición nutricional por 100 gramos.

Nutrientes	Cantidad
Proteínas (g)	17,3
Grasa (g)	2,6
Fibra dietética (g)	1,8
Calcio (mg)	31
Hierro (mg)	4,2
Potasio (mg)	446
Sodio (mg)	3,8
Fosforo (mg)	411
Magnesio (mg)	153
Vitamina B1 (mg)	0,45
Vitamina B2 (mg)	0,12
Vitamina E (mg)	1,7

Fuente: (Silva, C, 2016.p.10)

1.2.5. Composición de la harina de trigo

Según los requisitos de Instituto Ecuatoriano de Normalización (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616, 2006.p.2) la harina de trigo debe presentar un color uniforme, variando del blanco al blanco-amarillento y debe tener el olor y sabor característico del grano de trigo molido, sin indicios de rancidez o enmohecimiento, ausencia total de otro tipo de harina, no deberá contener insectos, libre de excretas animales.

1.2.5.1. Almidón

El almidón es un polisacárido de glucosa, de reserva alimenticia predominante en las plantas, es el componente principal de la harina de trigo, ya que constituye el 75% de su composición. La absorción del almidón en el organismo se realiza de forma lenta y gradual por lo que es una fuente de energía durante un largo periodo. (Othón, S, 2013.p.18)

1.2.5.2. Gluten

Según la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (Instituto Ecuatoriano de Normalización 616, 2006.p.1) es una sustancia de naturaleza proteica que se forma por hidratación de la harina de trigo y que tiene la característica especial de ligar los demás componentes de la harina.

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina de trigo estas son las gliadina y la glutenina. El hinchamiento del gluten facilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y manteniendo de la forma original de las piezas en cuestión. Está formado por:

- **Glutenina:** proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa.
- **Gliadina:** proteína responsable de la elasticidad de la masa. (Herrera, P; & Sisalima, D,2013.p.16)

1.2.5.3. Lípidos

La harina de trigo contiene aproximadamente el 2% de lípidos totales, el tipo de grasa presente está formada por ácidos grasos poli y mono insaturados que presentan beneficios para el buen estado del sistema cardiovascular. También depende de la finalidad con la que son extraídos los lípidos con solventes no polares que estos se clasifican en libres y ligados, los mismos que se subdividen en polares y no polares. (Ronquillo, H, 2012.p.9)

1.2.5.4. Fibra

La cantidad de fibra que se encuentra presente en harinas es casi nula, esto debido a que se elimina la cubierta y el germen, ya que la celulosa se encuentra en la capa externa del grano de trigo. Esto no ocurre en las harinas integrales porque se conserva esta parte del grano, por lo que la cantidad de fibra es superior con respecto a las convencionales. (Othón, S, 2013.p.20)

1.2.5.5. Minerales y Cenizas

Los componentes mayoritarios de la fracción mineral del trigo son los fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio, los minoritarios incluyen hierro, manganeso, zinc y cobre. Las cenizas están formadas principalmente por calcio, magnesio, sodio, potasio, etc., provenientes de la parte externa del grano. (Bravo, J; & Ortíz, G, 1999.p.10)

1.3. PAN

Según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2945, 2014, p.1) define el pan como un producto alimenticio obtenido por la cocción de una masa fermentada o no, hecha con harina y agua potable, con o sin el agregado de levadura, con o sin la adición de sal, con o sin la adición de otras sustancias permitidas para esta clase de productos alimenticios.

Para que un pan sea considerado de buena calidad debe alcanzar el volumen suficiente, el cual genera un aspecto atractivo, tanto en forma, como en color y una miga finamente porosa lo suficientemente suave para permitir una fácil masticación, pero al mismo tiempo, suficientemente firme para que se le pueda cortar en rebanadas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006.p.16)

1.3.1. Tipos de pan

Existen dos tipos de pan el común y el especial.

1.3.1.1. Pan común

De consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo blanca, semi-integral o integral y que cumpla los requisitos establecidos, y al que sólo se le pueden añadir coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados para este tipo de pan. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 0095, 2014.p.6)

- Pan bregado, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.

- Pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración.

1.3.1.2. Pan especial

Es el pan que se obtiene añadiendo a la fórmula de pan común enriquecedores como huevo, leche, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados. También puede reunir algunas de las condiciones siguientes. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 0095, 2014.p.6)

- Que se haya utilizado como materia prima, harina enriquecida.
- Que haya añadido cualquier ingrediente que eleve su valor nutricional.
- Que la masa se caracterice por la adición de uno o más de los enriquecedores: malta, nueces, coco, miel, dulce de frutas, frutas, queso, licor u otros permitidos.
- Pan integral, es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo.
- Pan de Viena o pan francés: es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez.
- Pan de molde o americano: es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes.
- Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc.
- Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida.

1.3.1.3. Requisitos

– Requisitos bromatológicos

Como se muestra en la Tabla 4-1, los requisitos Bromatológicos del pan que deberán cumplir.

Tabla 4-1: Requisitos bromatológicos del pan.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Humedad	%	20	45,0	NTE INEN ISO 712
Grasa	%	1,5	4	NTE INEN ISO 11085
Proteínas (en 100g)	g	7	-	NTE INEN ISO 20483

Fuente: (INEN 2945, 2014.p.1)

– Requisitos microbiológicos

Como se muestra en la Tabla 5-1, los requisitos microbiológicos del pan que deberán cumplir.

Tabla 5-1: Requisitos microbiológicos del pan.

Requisitos	n	m	M	C	Método de ensayo
R.E.P. ufc/g	3	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	1	NTE INEN 1529-5
Mohos y levaduras upc/g	3	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10

Fuente: (INEN 2945, 2014.p.2)

1.3.2. *Uso tradicional del pan*

El consumo de pan está disminuyendo desde mediados del siglo XIX en los países en desarrollo, las causas de este descenso son diversas; en la actualidad existe preocupación por las diversas dietas hipocalóricas, lo que, junto al recrudescimiento de enfermedades autoinmunes como la celiaquía (intolerancia al gluten), hace que la visión popular que existía acerca de lo que es el pan vaya cambiando poco a poco.

Desde comienzos del siglo XXI, el 70% del pan que se consume en el mundo es de harina de trigo. A comienzos del siglo XXI se regresa al pan elaborado con harinas con este tipo de pan a la venta. En fin, el pan es uno de los alimentos que por su precio tan asequible y sus propiedades nutricionales está presente en las dietas diarias de la mayoría de países alrededor del mundo entero. (Lezcano, A, 2011.p.1)

1.3.3. *Valor nutricional y calórico*

Su valor nutricional reside básicamente en la cantidad de carbohidratos, en su versatilidad y facilidad de transporte e ingesta, siendo una buena fuente energética.

A nivel calórico, tanto el pan blanco, como el integral o el de grano entero, tienen una cantidad de calorías similar:

- 261 kcal el blanco

- 221 kcal los otros dos

Sin embargo estos dos últimos tienen mayor contenido de vitaminas, minerales y fibra (3,5 g frente a 7,5 g por 100 g). El pan integral o de grano entero produce mayor sensación de saciedad y su IG es más bajo que el blanco (este se comporta casi como un azúcar simple). (García , R, 2006.p.1)

1.3.4. Química de la panificación

1.3.4.1. Transformación de la harina en masa

La harina de trigo contienen alrededor de 12 % de proteínas (de las que aproximadamente un 80% son proteínas de gluten), un 70% de almidón (amilosa/amilopeptina 1/3) y un 2% de lípidos. Tanto los lípidos ligados, como los libres, contienen glicolípidos y fosfolípidos que son los componentes dominantes de sus fracciones polares. (Dominic, W, 1995.pp.2-3)

Al momento de añadir agua a la harina, se forma una masa por hidratación de las proteínas del gluten y parte del agua es retenida por los gránulos de almidón dañado, las propiedades viscoelásticas de la masa dependen de la glutenina, que es capaz de formar una extensa red tridimensional. (Coulter, T, 2007.p.3)

1.3.4.2. La masa

Una Masa satisfactoria es aquella que permite acomodar una gran cantidad de gas y retenerlo cuando la proteína forma sus redes tridimensionales estables durante el horneado. Obtener una masa de esta naturaleza exige más que mezclar los ingredientes: es necesario trabajarla mecánicamente. (Belitz, G, 1997.p.3)

1.3.4.3. La fermentación

Para que las levaduras crezcan y la masa suba, las masas esponjadas biológicamente pasan por varias etapas de fermentación. (Belitz, G, 1997.p.3)

- Fases de la fermentación

La fermentación puede dividirse en 2 fases; reposo, se define como el periodo de fermentación que transcurre entre el final del amasado y el pesado de la masa, y apresto es el intervalo de tiempo comprendido desde que se le da vuelta o gira hasta la cocción. (Quaglia, G, 1991.p.3)

- Aspectos químicos de la fermentación

Las levaduras producen dióxido de carbono y etanol, siempre y cuando no se disuelven en la fase acuosa de la masa, estas dilataran las burbujas de aire (10^2 - 10^5 /mm³) formadas durante el

amasado. La levadura tiene dos funciones la de favorecer la maduración de la masa y producir gas para airear la masa y el pan (Mesas, J; & Alegre,M, 2002.pp.3-4)

1.3.4.4. Horneado

Es el proceso térmico al cual se somete la masa de pan ya formado y fermentado, con temperaturas ya determinadas, superiores a los 200°C y tiempos de cocción característicos de cada tipo de pan. El horneado acaba con todas las levaduras causantes de la fermentación, también se consigue un aumento de la masa del pan al expandirse el dióxido de carbono debido al calor y un endurecimiento de la superficie. El endurecimiento se produce por la evaporación del agua de la corteza que suponen una pérdida de peso entre un 8-14% de la masa. (Lirola, A, 2018.p.1)

1.3.5. Materias primas para la elaboración del pan

Según (Mesas, J; & Alegre,M, 2002.pp.3-4), mencionan las materias primas para la elaboración de panes estas son: harina, agua, sal, levaduras, grasa y otros componentes. Explicando así que el uso de las primeras cuatro conduce a la elaboración de pan común, la ausencia de algunas de ellas o la inclusión de algún componente especial conlleva a la elaboración de pan especial.

1.3.5.1. Harina para pan

La harina de trigo es el tipo de harina que cuenta con una gran cantidad de proteínas insolubles que al contacto con el agua forman el gluten, la sustancia tenaz, gomosa y elástica que da las características físicas por ejemplo el volumen del pan. Esta harina al mezclarse con el agua y al ser sometida a una fuerza mecánica (amasado) forma el gluten la misma que permita la obtención de una masa plástica y elástica (Benavides, C, 2011.p.17). Como se puede observar en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Composición química de harina de trigo.

Componente	Porcentajes (%)
Humedad	12,0 - 14,0
Carbohidratos	65,0 - 70,0
Proteína	7,0 - 15,0
Grasa	1,5 - 2,5
Fibra	2,0 - 2,5
Ceniza	1,5 - 2

Fuente: (Benavides, C, 2011.p.17)

1.3.5.2. Agua

El agua es uno de los ingredientes indispensables en la elaboración del pan, su misión es activar las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Posee, además, la capacidad disolvente acuoso de las sustancias añadidas a la masa, siendo además necesaria para la marcha de la fermentación, lo que contribuye en la formación de la miga y genera el volumen del pan. (Delcour, J; & Hosney, C, 2010.p.17)

Funciones:

- ✓ Los minerales que se encuentran disueltos en el agua nos permiten trabajar la masa.
- ✓ Ayuda en la hidratación de los almidones y formación de gluten.
- ✓ Define la consistencia de la masa.
- ✓ Permite el desenvolvimiento de la levadura.
- ✓ Disuelve la sal y azúcar añadidas a la masa.

1.3.5.3. Sal

La sal es una de las cuatro sustancias importantes que se usan en la manufactura del pan, en cantidades razonables actúan sobre el gluten de la harina, tensándolo, estabilizándolo, motivo por el cual ayuda a producir un pan atractivo y de buen volumen; un pan sin sal puede ser débil, deslizable y pegajosa a veces si es demasiado pobre el gluten, la masa casi no se podría trabajar. Otro punto es que la sal agregará apariencia de frescura atractiva, de calidad agradable al pan horneado (Albertr, D, 1979.p.90)

Características:

- ✓ De bajo costo, se usa sal tal como se extrae de las salineras, es decir no refinada. En soluciones acuosas debe ser limpia y sin sustancias insolubles depositadas en el fondo.
- ✓ Debe contener sales de calcio y magnesio ya que ayudan al endurecimiento del gluten.
- ✓ Será salada y no amarga.

Funciones:

- ✓ Por su capacidad de absorción de agua, influye en la conservación del pan.

- ✓ Regula la fermentación y no permite que las levaduras fermenten desordenadamente.
- ✓ Produce un leudo más lento y equilibrado, con suficiente estabilidad y como resultado se obtiene una miga de poros finos.

1.3.5.4. Levadura

Son hongos unicelulares que se caracterizan por transformar los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, de forma eficiente y rápida. Para la panificación se emplean levaduras de género *Saccharomyces cerevisiae* (hongo del azúcar de la cerveza), las mismas que permiten obtener la textura suave y esponjosa, además ayuda a producir sustancias aromáticas beneficiosas para la característica propia del pan. (Sebes, P, 2014.p.58)

Funciones:

- ✓ Produce dióxido de carbono durante todo el proceso de fermentación dando volumen al pan.
- ✓ Liberan una serie de sustancias químicas y ácidos (acético, butírico, láctico), con mucha influencia en el sabor y aroma del pan.
- ✓ Fortalece el gluten de las masas permitiendo que las piezas de pan sean más uniformes en su estructura.
- ✓ Da elasticidad a la masa, permitiendo una mejor tolerancia a la manipulación.
- ✓ Aporta humedad al pan que ayudad en su conservación y suavidad

1.3.5.5. Azúcar

Interviene en la acción de las levaduras para el proceso de fermentación, es el responsable del color en la corteza debido a la reacción de Maillard, lo que impide el ingreso directo del calor del horno sobre el pan, también endulzan el pan y ayudan a retener humedad, por lo que demora más en ponerse rancio. En pocas cantidades, acelera el desarrollo de la levadura mientras que en mayor cantidad las frena. (García, D, 2011.p.18)

Funciones:

- ✓ Sirve de alimento para las levaduras, al añadir el azúcar, esta es rápidamente consumida por las levaduras y produce una fermentación uniforme.

- ✓ Da color al pan, el tono café característico del pan está dado por la caramelización de los azúcares residuales que quedan en la corteza de la masa después que esta ha fermentado.
- ✓ Acentúa las características organolépticas como es la formación de aroma.
- ✓ Aumenta el tiempo de conservación ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniéndola más tiempo con su blandura inicial, retardando el proceso de endurecimiento

1.3.5.6. Grasa

Sustancias de consistencia viscosa y sólida, que presentada en forma líquida se conoce como aceite, se emplea en panificación y pastelería. Mejora la textura, el volumen, la uniformidad de la miga, aumenta el valor nutricional, ayuda a conservar la frescura y suavidad del pan al disminuir la pérdida de humedad. (Sandoval, L; & Aguirre, W, 2011,p.18)

Funciones:

- ✓ Su primordial función es lubricar a la masa facilitando así su manejo. La hace suave y uniforme desde el amasado hasta el moldeado.
- ✓ Impide la pérdida de humedad del pan y los suaviza.
- ✓ Aumenta la vida útil del pan ya que conserva su frescura.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

El desarrollo de esta investigación se realizó en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, ubicada en la Av. Panamericana Sur km 1 1/2 en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador y los análisis se realizaron en los laboratorios de Microbiología y Bromatología. Mientras que los análisis para determinar el comportamiento reológico, se realizó a través del Mixolab 2 equipo que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida a amasado, fueron realizados en el laboratorio del Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional, ubicada en la Av. Ladrón de Guevara E11-253 en la ciudad de Quito, la misma que tuvo una duración de 120 días laborables, en donde se elaboró el pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

2.2. Unidades experimentales

En la investigación se utilizó 1kg de harina por los 5 tratamientos con 4 repeticiones siendo: Tratamiento testigo del 100% de harina de trigo, T1 al 10% de Harina de zanahoria blanca con el 90% de harina de trigo, T2 al 20% de Harina de zanahoria blanca con el 80% de harina de trigo, T3 al 30% de Harina de zanahoria blanca con el 70% de harina de trigo, T4 al 40% de Harina de zanahoria blanca con el 60% de harina de trigo.

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

2.3.1. *Materia prima*

La materia prima que se utilizó en la presente investigación es la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad andina la más común en los mercados.

2.3.2. *Ingredientes*

- Harina de trigo
- Sal

- Azúcar blanca
- Levadura Levapan
- Grasa (Margarina industrial)
- Agua potable

2.3.3. *Materiales*

- Mandil
- Mascarilla
- Cofia
- Guantes
- Cuchillo
- Baldes
- Matraz Erlenmeyer
- Balón Kjeldahl
- Probeta
- Pipetas volumétricas
- Espátula
- Pinza
- Crisoles de porcelana
- Varilla de vidrio
- Vaso de precipitación
- Crisoles de porcelana
- Tamiz de acero inoxidable
- Placas petrifilm
- Rodillo
- Moldes para pan

2.3.4. *Materiales de oficina*

- Computadora
- Cuaderno
- Calculadora
- Esferos
- Papel bond

2.3.5. *Equipos*

- Estufa
- Mufla
- Desecador
- Balanza analítica y digital
- Termo balanza
- Horno
- Amasadora
- Cámara de fermentación
- Equipo kjeldhal
- Molino industrial
- Mixolab
- Texturómetro Brookfield
- Centrífuga

2.3.6. *Reactivos*

- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato de sodio Anhidro
- Dióxido de Selenio
- Hidróxido de Sodio
- Ácido Bórico
- Indicador mixto
- Rojo de Metilo
- Alcohol Etilico
- Agua Destilada

2.3.7. *Instalaciones*

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Microbiología y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mientras que los análisis para determinar el comportamiento reológico, se realizó a través del Mixolab 2 equipo que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida a amasado, fueron realizados en el laboratorio del Departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en la Escuela Politécnica Nacional, ubicada en la Av. Ladrón de Guevara E11-253 en la ciudad de Quito.

2.4. **Tratamientos y diseño experimental**

En la investigación se utilizó diferentes niveles de zanahoria blanca (10%, 20% ,30% y 40%) frente a un tratamiento testigo sin harina de zanahoria blanca (0%) con 4 repeticiones por tratamiento y se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA). Como se puede observar en la Ecuación 1.

$$Y_{ij} = \mu + T_i * E_{ij} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = Valor estimado de la variable

μ = Media general

T_i = Efecto del nivel

E_{ij} = Error experimental

2.4.1. *Esquema del Experimento*

En la Tabla 7-2, se describe el esquema del experimento, que se utilizó en la presente investigación.

Tabla 7-2: Esquema del Experimento.

Niveles de harina de zanahoria blanca	Código	Número de repeticiones	TUE* (Kg)	Total kg./tratamiento
0%	T0	4	1	4
10%	T1	4	1	4
20%	T2	4	1	4
30%	T3	4	1	4
40%	T4	4	1	4

*T.U.E: Tamaño de la Unidad Experimental

20

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

2.5. Mediciones experimentales

Las mediciones que se realizó fueron las siguientes.

2.5.1. *Calidad Panadera*

2.5.2. *Análisis en las etapas de amasado y al producto final*

2.5.2.1. *Simulador de Farinografía*

- Absorción de agua (MIXOLAB)
- Tiempo de desarrollo (MIXOLAB)
- Debilitamiento (MIXOLAB)
- Estabilidad (MIXOLAB)

2.5.2.2. *Caracterización reológica*

- Desarrollo de la masa: C1 (MIXOLAB)

- Debilitamiento de la proteína C2 (MIXOLAB)
- Gelatinización del almidón C3 (MIXOLAB)
- Actividad amilásica C4 (MIXOLAB)
- Retrogradación del almidón C5 (MIXOLAB)

2.5.2.3. *Textura*

- Volumen (NTE INEN 0530:80)
- Fuerza (Texturómetro TVT 6700)

2.5.3.1. *Análisis Sensorial*

- Color
- Olor
- Sabor
- Textura

2.5.3. *Análisis del producto final con mayor aceptación*

2.5.3.1. *Características físicoquímicos*

- Humedad %
- Ceniza %
- Proteínas %

2.5.3.2. *Análisis microbiológicos*

- Mohos
- Levaduras

2.5.4. *Análisis económicos*

- Beneficio/Costo, (B/C)

2.6. **Análisis estadísticos y pruebas de significancia**

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante la prueba estadística para los siguientes análisis. Como se muestra en la Tabla 8-2.

- Análisis de varianza (ADEVA), ($p < 0,05$) y ($p < 0,01$)
- Prueba de Tukey

Tabla 8-2: Esquema del ADEVA.

FV		GL
Total	(n-1)	19
Tratamiento	(t-1)	4
Error	(n-1)-(t-1)	16

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

2.7. **Procedimiento experimental**

En la Figura 4-2 se indica el diagrama de flujo de la elaboración de la harina de zanahoria blanca.

2.7.1. *Elaboración de la harina de zanahoria blanca*

Para la obtención de la harina de zanahoria blanca se siguió el siguiente diagrama de flujo de la elaboración de la harina de zanahoria blanca como se puede observar en el Gráfico 1-2.

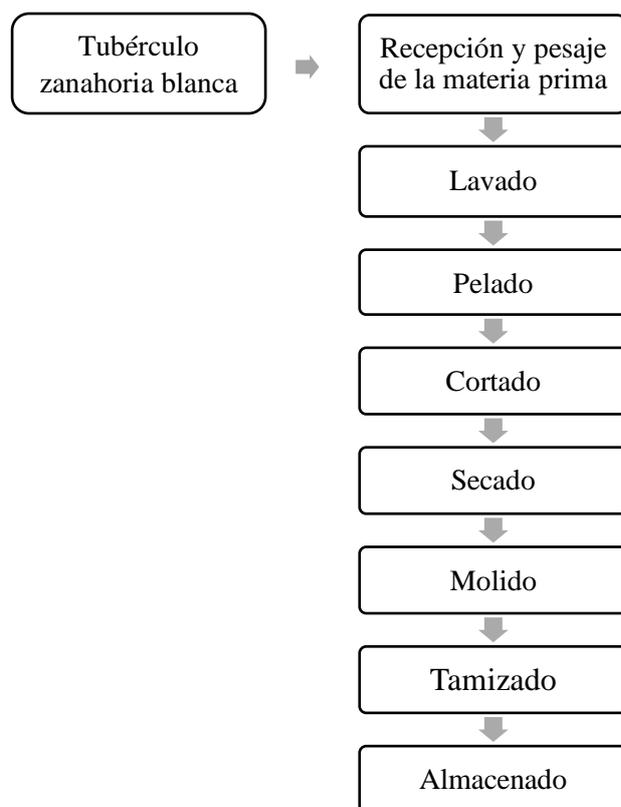


Gráfico 1 -2: Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de zanahoria blanca.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

2.7.1.1. *Recepción de la materia prima*

La materia prima (*Arracacia andina*) se recibió previa inspección, luego se toma el peso para establecer parámetros de rendimiento para el proceso de la harina.

2.7.1.2. *Selección*

Se seleccionó la zanahoria blanca adquirida en el Mercado Mayorista ubicado en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, misma que no presentó características de pudrición o fermentación.

2.7.1.3. *Lavado*

La materia prima se lavó de forma manual para quitar las impurezas (tierra y otros) utilizando agua corriente a una temperatura de 20 °C, luego se procedió a la desinfección y se aplicó 5ml de cloro al 5% en 10 litros de agua potable de 2 a 5 minutos.

2.7.1.4. Pelado

En este paso, se quitó la cáscara de la zanahoria blanca utilizando un cuchillo de acero inoxidable.

2.7.1.5. Cortado

Las zanahorias blancas ya limpias se cortaron en rebanadas, utilizando un chuchillo de acero inoxidable.

2.7.1.6. Secado

Las láminas de zanahoria blanca se colocaron en rejillas cubiertas de papel de aluminio manteniendo una distancia no más de 5 mm entre ellas, y colocadas en el deshidratador. La deshidratación se realizó a una temperatura de 59 °C durante un período de 5 horas.

2.7.1.7. Molido

Las rodajas de zanahoria blanca ya secas se lo deja enfriar, para luego pasarlo por un molino de martillos obteniendo de esta manera un polvo de partículas finas.

2.7.1.8. Tamizado

El polvo resultante del molido pasó por un tamiz de acero inoxidable.

2.7.1.9. Empaque

Una vez obtenida la harina de zanahoria blanca se envasó. Para mayor duración se almacenó en fundas herméticas de polipropileno, en ambiente seco y libre de humedad. Además, se debe evitar la exposición a la luz solar por motivos de oxidación.

2.7.2. *Elaboración del pan*

Una vez obtenida la harina de zanahoria blanca se realizó los panes con diferentes niveles al (10%, 20%, 30%, 40%) y el nivel al 0% de harina de trigo como se puede observar en el Diagrama de flujo de la elaboración del pan como se muestra en el Gráfico 2-2.

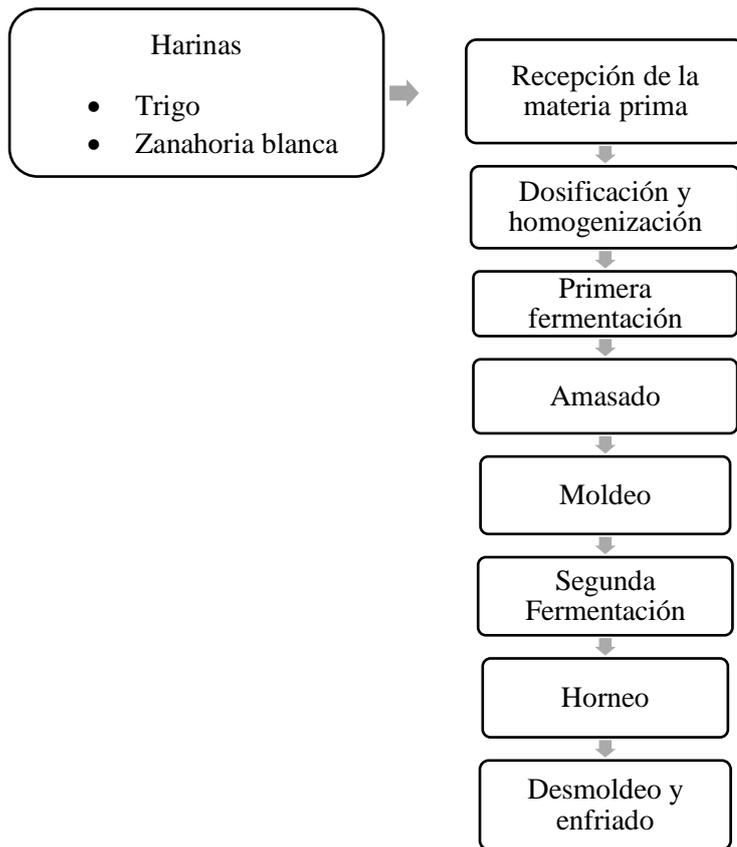


Gráfico 2-2: Diagrama de flujo de la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

2.7.2.1. *Recepción de materias primas*

Al iniciar el proceso de elaboración de pan se recibió las materias primas, se procedió a examinar la calidad de las mismas y determinar la cantidad de cada ingrediente, respetando la formulación elegida, como se muestra en la Gráfico 2-2 en el diagrama de flujo de la elaboración del pan.

2.7.2.2. *Dosificación y homogenización*

Se coloca la totalidad de ingredientes pesados en la mezcladora y agregar la cantidad de agua requerida, mezclando en velocidad baja aproximadamente 3 minutos hasta obtener una masa homogénea.

2.7.2.3. *Primera fermentación*

Se llevó la masa a la cámara de fermentación a una temperatura de 30°C a una humedad relativa superior a 75% y se dejó reposar durante 60 minutos.

2.7.2.4. *Moldeo*

Se ordenó la masa en forma circular, laminar, enrollar y llevar al molde.

2.7.2.5. *Segunda fermentación*

Se llevó el molde a cámara de fermentación a una temperatura de 30°C a una humedad relativa superior a 75% y se deja reposar durante 60 minutos.

2.7.2.6. *Horneo*

Se horneó a una temperatura de 170°C durante 25 minutos a 30 minutos.

2.7.2.7. *Desmoldeo y enfriado*

Se retiró el pan del molde y se enfrió hasta que el pan logre una temperatura interna de 32°C.

2.7.2.8. *Empacado*

El producto terminado fue empacado en fundas ziploc y etiquetado de acuerdo a los niveles de sustitución de harina de zanahoria blanca y se llevó al laboratorio para su respectivo análisis. En la Tabla 9-2: se muestran las formulas de estudio de la presente investigación.

Tabla 9-2: Formulaciones experimentales para la elaboración del pan con diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca.

INGREDIENTES	T0	T1 %	T2 %	T3 %	T4 %
Harina de trigo	100	90	80	70	60
Harina de zanahoria blanca	-	10	20	30	40
Total de harinas	100	100	100	100	100
Agua	58	58	58	58	58
Levadura	40	40	40	40	40
Sal	20	20	20	20	20
Azúcar	40	40	40	40	40
Grasa (Margarina industrial)	40	40	40	40	40

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

2.7.3. *Análisis en las etapas de amasado y al producto final*

2.7.3.1. *Calidad panadera*

Según (Brach, M, 2014,p.27) explica que las harinas de trigo están destinadas fundamentalmente a la alimentación humana; la panificación es uno de los procesos más importantes de su utilización, y es el trigo el cereal panificable por excelencia debido a las propiedades funcionales del gluten.

La composición química del grano de trigo incluye proteínas, minerales e hidratos de carbono. Cuando la harina se mezcla con agua, dos proteínas del grano (gliadinas y gluteninas) se unen para formar una red proteica llamada gluten. Ya en el proceso de panificación, las proteínas del gluten son responsables de la elasticidad y extensibilidad de la masa, al formar una estructura impermeable a los gases. El gluten es el responsable de atrapar el dióxido de carbono liberado durante la fermentación y provocar el “hinchamiento” de la masa.

El balance entre gliadinas y gluteninas determina, junto con el contenido total de proteínas, que la masa tenga las propiedades ideales de panificación. Cuando el balance es óptimo la masa resultante será suficientemente fuerte para atrapar las burbujas de gas que se expandirán durante el horneado, dando como resultado pan de buen volumen. Masas tenaces, que se caracterizan por ser excesivamente fuertes y pocos extensibles, se deben a una baja reacción entre gliadinas - gluteninas. En este caso el proceso de energía para realizar el amasado, por lo tanto, mayor costo en la producción.

Este mismo autor concluye manifestando que en la calidad y rendimiento del trigo participan una serie de factores, algunos de ellos manejables (genética y manejo, entre otros), otros menos manejables, como son los ambientales (clima, disponibilidad de agua durante el ciclo, etc.) y finalmente, las condiciones más o menos adecuadas en el momento de la cosecha. La conjunción de estos factores determina tanto el rendimiento como la calidad; resultados que luego podrán manifestar variaciones entre años y zonas de cultivo.

2.7.3.2. *Reología en alimentos*

(Sandoval, G et al.,2005.p.28) Explica que la reología de alimentos es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados en las industrias de alimentos.

(Bernal, I ; & Rivadeneira, G, 2015.p.28) Menciona que las características reológicas de una harina probablemente sea el parámetro más crítico; ya que son una indicación de cómo se comportará una determinada masa al ser procesada en la planta y están relacionadas con la calidad del producto terminado. Por ello, se emplean métodos básicos de análisis como el farinografía, en la actualidad el Mixolab, que son de gran utilidad para los molineros puesto que ayudan a entender

el proceso final. La reología de una masa, no obstante, es atribuible a la naturaleza de la matriz que son en este caso, las proteínas del gluten.

2.7.3.3. *Equipo Mixolab Simulator*

Según (Chopin Technologies, 2009.p.29) el equipo Mixolab dispone de un protocolo particular y de algoritmos de cálculo que permite obtener resultados de análisis equivalentes a los obtenidos con el Farinógrafo. Al cabo de 30 minutos de ensayo, el Mixolab indica los valores medidos sobre la curva (Nm) así como los equivalentes UF.

El equipo permite medir la calidad panadera de la harina midiendo la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia. El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables.

Según el autor citado anteriormente explica los parámetros que determina el equipo, la misma que se detallan a continuación en la Tabla 10-2.

Tabla 10-2: Parámetros que determina el equipo Mixolab.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Absorción de agua	Representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia en el amasado. Se encuentra directamente relacionada con la cantidad de pan que puede ser producida por kilo de harina, y depende de la cantidad y calidad de gluten, y la dureza de endosperma.
Tiempo de desarrollo de la masa	Es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia. En una harina fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que se deba a la alta calidad del gluten.
Estabilidad	Es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia. Da una idea de cuánto la masa soporta el amasado, por ejemplo, en el caso de tener una masa con alta estabilidad, significa que se le puede aplicar un gran esfuerzo mecánico.
Caída o debilitamiento de la masa	Representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos. Se expresa en unidades farinográficas y valores elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado

Fuente: (Chopin Technologies, 2009.p.29)

2.7.3.4. *Analizador de textura TVT 6700*

Citado por (Álvarez, M, 2012.p.30) explica que existen numerosos métodos objetivos para la estimación de la textura del pan. Todos estos métodos son, genéricamente, pruebas de compresión y cubren principalmente la determinación de la blandura o firmeza y la capacidad de recuperación o elasticidad.

El analizador de textura TVT 6700 es un equipo que permite medir la textura, apreciar la firmeza, suavidad del pan; mediante pruebas de compresión en la que la muestra es situada entre la sonda y la sujeción inferior, y la sonda se mueve hacia abajo, presionando sobre la muestra. Los datos resultantes son usados para cálculos como Dureza y Fracturas.

2.7.3.5. Determinación del Volumen Específico del pan

(Morales, A, 2015.p.27), midió este parámetro empleando una modificación del método 10-05 de la AACCC (2000). Se determinó el volumen del pan por medio del desplazamiento de semillas de amaranto en un recipiente rectangular de metal con capacidad de 4710 cm³.

Para la determinación del volumen específico se introdujeron las semillas de mostaza hasta llenar por completo el recipiente, luego se pasaron las semillas y se colocaron cuidadosamente en una probeta para determinar el volumen total del recipiente. Posteriormente se introdujo una pieza entera de pan previamente pesada al recipiente. Se colocó nuevamente las semillas hasta llenar el recipiente, y las semillas sobrantes se colocaron en una probeta para medir el volumen que el pan ocupó. El volumen específico se calculó dividiendo el volumen calculado para el peso del pan.

2.7.3.6. Análisis sensorial del pan

Para el número de jueces en este tipo de pruebas se debe efectuarse con un panel mínimo de 10 y un máximo de 20 o cuantos muchos 25 jueces para obtener una respuesta válida (Anzaldúa , A, 1994.p.29).

En cuanto al análisis sensorial del pan se utilizó una prueba hedónica de 5 puntos, asignando un valor a cada atributo según la categoría reportada en la escala que fue desde “me disgusta mucho” hasta “me gusta mucho”. Las muestras se presentaron en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. Como se puede observar en el Anexo A, para evaluar los siguientes atributos de color, olor, sabor, textura. Con la participación de 20 jueces semientrenados del Departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional.

2.7.4. Análisis del producto con mayor aceptación

2.7.4.1. Características físicoquímicos

- Determinación de Humedad según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 518, 1980)

Principio

Consiste en secar la muestra en la estufa a una temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante. Esta muestra posteriormente se lleva a la molienda si el caso requiere el análisis proximal.

Procedimiento

1. Pesar de 1 a 10 g de muestra (previamente realizado el demuestre) en papel aluminio; o directamente en capsula de porcelana previamente tarada, repartir uniformemente en si base.
2. Colocar en la estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 2 a 3 horas.
3. Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar. En la ecuación 2 se puede observar la fórmula para calcular la humedad.

Cálculos:

(2)

$$SS (\%) = \frac{(m2 - m)}{(m1 - m)} * 100$$

Dónde:

SS= Sustancia seca en porcentaje en masa

m= masa de capsula en g

m1= masa de capsula con la muestra después de calentamiento en g

- Determinación de cenizas según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 520, 1980)

Principio

Se lleva a cabo por medio de incineración seca, consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de $550 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma el CO_2 , agua y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

Procedimiento

1. La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
2. Tarar los crisoles de porcelana vacíos en la estufa ajustada $550 \pm 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 30min. Enfriar en el desecador durante 30 minutos y pesar.
3. Transferir al crisol y pesar, con aproximación al 0,1 mg, 5 g de la muestra.
4. Colocar el crisol con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante pocos, minutos para evitar pérdidas por proyección de material, lo que podría ocurrir si el crisol se introduce directamente a la mufla.
5. Introducir el crisol en la mufla a $550 \pm 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener cenizas de un color gris claro. No deben fundirse las cenizas
6. Sacar la mufla el crisol con la muestra, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente, con aproximación al 0,1 mg
7. Repetir la incineración por periodo de 30min, enfriando hasta que no haya disminución en la masa. En la ecuación 3 se puede observar la fórmula para calcular la determinación de cenizas

CÁLCULOS

Se utilizó la Ecuación 3 para la determinación de porcentaje de ceniza

$$C (\%) = \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} * 100 \quad (3)$$

Dónde:

%C: Contenido de cenizas en porcentaje de masa

m= Masa de la capsula vacía en g

m1= masa de capsula con la muestra humedad en g

m2= Masa de la capsula con las cenizas en g

– Determinación de proteína según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 519, 1980)

Principio

Sometiendo a un calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO₂ y agua, la proteína se descompone con la formación de amoniaco, el cual interviene en la reacción con el ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoniaco sucede solamente en medio básico: luego de la formación de amoniaco, este amoniaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2,5 % y titulado con HCl al 0,1 N.

Procedimiento

1. Se pesa primeramente el papel bond, (W₁) luego por adición se pesa 1 g de muestra y se registra el peso del pale solo y del papel más la muestra (W₂)
2. En este contenido del papel más la muestra se añade 8 g de sulfato de sodio más 0, 1 g de sulfato cúprico.
3. Todo este contenido se coloca en cada balón el cual se añade 25 mL H₂SO₄ de ácido sulfúrico concentrado.
4. Cada balón con todo este contenido es llevado hasta las hornillas del Macro Kjeldahl para su digestión, a una temperatura graduada en 2.9 por un tiempo de 45 minutos a partir del momento que se clarifica la digestión.
5. Luego de este tiempo son enriados hasta que se cristalice el contenido de los balones.

6. Una vez terminada la fase de digestión se procede a preparar la etapa de destilación para lo cual colocamos en los matraces Erlenmeyer 50 mL de ácido bórico al 2,5% y los colocamos en cada una de las terminales del equipo de destilación.
7. En cada balón con la muestra cristalizada se coloca 250 mL de agua destilada más 80 mL de hidróxido de sodio al 50% añadiendo también 3 lentejas de zinc, con todo este contenido son llevados a las hornillas para dar comienzo a la fase de destilación.
8. El amoníaco como producto de la destilación es receptado hasta un volumen de 200 mL en cada matraz.
9. Se retira los matraces con su contenido, mientras que el residuo que se encuentra en el balón es desechado y se recupera las lentejas de zinc.
10. Para la fase de titulación se arma el soporte universal con la bureta y el agitador magnético. En cada matraz se coloca 3 gotas del indicador con HCl al 0,1 N.
11. Se prende el agitador y se deja caer gota a gota de ácido clorhídrico hasta obtener un color grisáceo transparente que es el punto final de la titulación.
12. El número de mL de HCl al 0,1 N gastado se registra para el cálculo respectivo. En la ecuación 4 se puede observar la fórmula para calcular el porcentaje de proteína.

CÁLCULOS

(4)

$$\%P = \frac{NHCl * 0.014 * 100 * 6.25 * mLHCl}{W_2 - W_1}$$

Dónde:

%PB= % Proteína Bruta

N HCl= Normalidad del ácido clorhídrico.

W₁= Peso del papel solo

W₂= Peso del papel más muestra

0.014= Peso del nitrógeno

6.25= Factor que sirve para convertir el porcentaje de N2 en proteína.

mL HCl= mL de ácido clorhídrico utilizados al titular

2.7.5. *Análisis microbiológicos*

– Determinación de Mohos y levaduras

Para facilitar el recuento de bajas poblaciones de levaduras y mohos, los volúmenes pueden llegar hasta 0,3 ml de una dilución 10-1 de muestra, o de la muestra de prueba, si es líquido puede ser extendido en tres placas.

- Incubar las placas preparadas aeróbicamente con las tapas superiores en posición vertical en la incubadora a 25 °C±1 °C durante 5 días.
- Recuento y selección de colonias para la confirmación. Leer las placas entre 2 días y 5 días de incubación.
- Contar las colonias de levaduras y las colonias de mohos por separado, si es necesario. Para la identificación de levaduras y mohos, seleccionar áreas de crecimiento de hongos y examinar con el microscopio o inocular en el medio adecuado para su aislamiento. En la Ecuación 5 se puede observar la fórmula para calcular la determinación de mohos y levaduras.

Cálculos:

Cálculo del número (N) de unidades propagadas (UP) de mohos y levaduras por centímetro cúbico o gramo de muestra. Calcular según la siguiente fórmula de la Ecuación 5.

(5)

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas o calculadas}}{\text{cantidad total de muestra sembrada}}$$

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + 0,1 M_2)}$$

Dónde:

Σ = suma de las colonias contadas o calculadas en todas las placas elegida

n1= número de placas contadas de la primera dilución seleccionada

n2= número de placas contadas de la segunda dilución seleccionada

d= dilución de la cual se obtuvieron los primeros recuentos

V= volumen del inóculo sembrado en cada placa

2.7.6. Análisis beneficio costo

(Lawrence, G, 2007.p.1) Señala: “La relación Costo/Beneficio sirve para comparar el valor actual de los ingresos de un proyecto con los costos que se generan por el mismo, es decir el beneficio de un proyecto está dado por los ingresos, a mayor cantidad de ingresos que se obtenga; se tendrá mayor beneficio” La fórmula para su cálculo es la siguiente:

(6)

$$B/C = \frac{\sum \text{Ingresos} / (1 + i)^n}{\sum \text{Egresos} / (1 + i)^n}$$

Si B/C es mayor que 1, existe un adecuado retorno.

Si B/C es menor que 1, no hay un adecuado retorno, la inversión no es atractiva.

Si B/C es igual a 1, significa indiferencia tampoco es aceptable la inversión.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Simulador de farinografía

3.1.1. *Absorción de agua (%)*

La absorción de agua depende de la cantidad y calidad del gluten, y la dureza del endosperma. Los trigos duros generalmente tienen un endosperma vidrioso que requieren mayor energía de molienda pero debe notarse que el mayor trabajo de molienda daña los gránulos de almidón aumentando la capacidad de absorción de agua. (González, P, 2015.p.77)

Según los resultados presentados en la Tabla 11-3 se puede apreciar que existen diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) mostrando como valor máximo el nivel del 0% (63,28 %) y como valor mínimo el nivel 10% (60,10%), al comparar los datos de (Lazcano , E, 2015.p.52) quien obtuvo un porcentaje en absorción de agua con harina de trigo de 52% mínimo y 70% máximo teniendo valores similares con su investigación, esto se debe a que para obtener un buen rendimiento en la elaboración del pan se debe tener una mayor absorción de agua por lo tanto la harina será de buena calidad y a menor absorción de agua se denomina una harina de baja calidad según (González, P, 2015.p.78). De acuerdo al análisis de regresión se estableció una tendencia cúbica altamente significativa ($p < 0,01$) con la siguiente ecuación $y = 63,24 - 51,583x + 246,25x^2 - 304,17x^3$, con un coeficiente de determinación de 87,88% como se puede observar en el (Gráfico 3-3).

Tabla 11-3: Simulador de farinografía de los diferentes niveles de la harina de zanahoria blanca en la elaboración de pan.

Parámetros	Niveles					EE.	Pro.
	0%	10%	20%	30%	40%		

(%)Absorción de agua	63,28a	60,10ab	60,55bc	61,58cd	62,58d	0,24	0,0001
(min) Tiempo de desarrollo	6,75a	2,50ab	2,13ab	2,38b	3,00c	0,16	0,0001
(min) Estabilidad	29,25a	9,25ab	4,00ab	1,50b	4,13c	1,65	0,0001
(Nm) Debilitamiento	0,05a	0,12b	0,17bc	0,22bc	0,18c	0,01	0,0001

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

Fuente: INFOSTAT, 2019

EE: Error estándar

Prob: <0,01: existen diferencias altamente significativas

Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Prob.>0,05: No existen diferencias significativas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey.

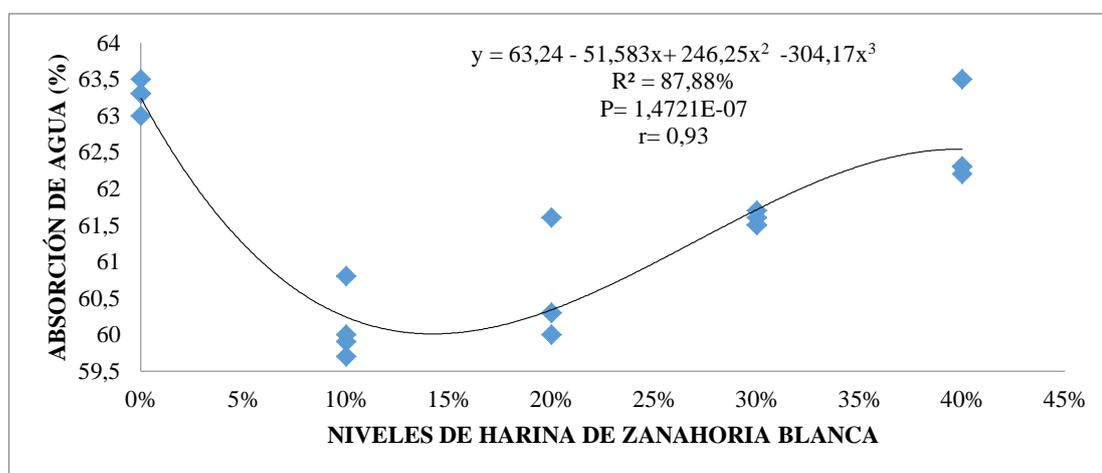


Gráfico 3-3: Regresión en función al parámetro de la Absorción del Agua (%) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.1.2. Tiempo de desarrollo (min)

Según (Sandoval, G et al.,2012.p.127) menciona que el tiempo de desarrollo de la masa, es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia.

De acuerdo a investigaciones (Loza,A, 2016.pp.53-54), menciona que el tiempo de desarrollo de la harina de trigo es de 7,27 min, dicho tiempo varía con las distintas harinas, con las harinas fuertes puede ser relativamente largo. Es posible que un tiempo de desarrollo de masa prolongado, este relacionado con una buena calidad de gluten o también con la absorción de agua. Una harina fuerte tiene un tiempo de desarrollo mayor mientras que harinas débiles tienen un tiempo de desarrollo menor.

En el Tiempo de Desarrollo existen diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) mostrando como valor máximo el nivel del 0% (6,75min) y como valor mínimo el nivel 20% (2,13min) esto se debe a la calidad del gluten ya que la zanahoria blanca no dispone de esta proteína considerando así una harina débil. En el análisis de regresión se estableció una tendencia cúbica altamente significativa ($p < 0,01$) con la siguiente ecuación $y = 6,7071 - 62,351x + 249,11x^2 -$

$291,67x^3$, con un coeficiente de determinación de 95,5% como se puede observar en el (Gráfico 4-3).

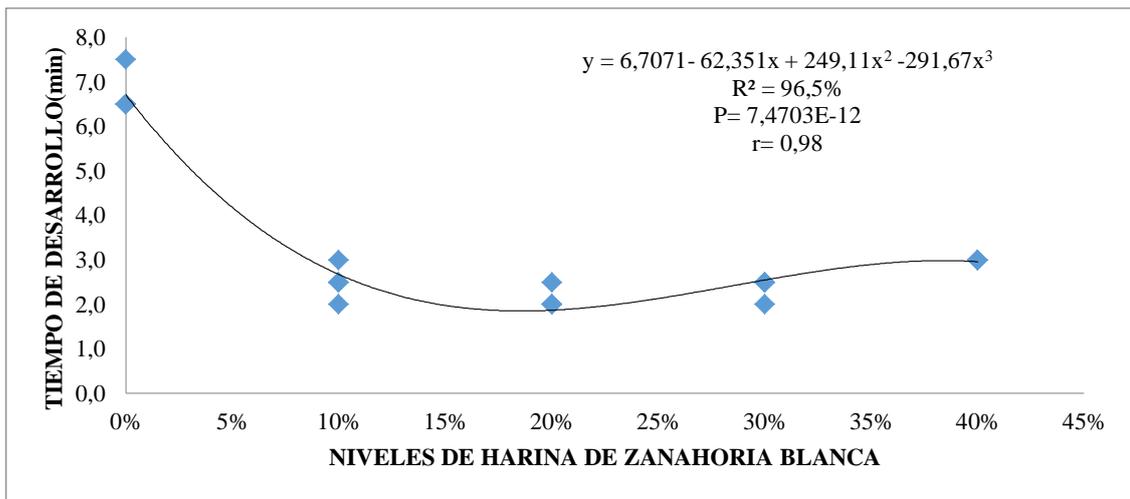


Gráfico 4-3: Regresión en función al parámetro del Tiempo de Desarrollo (min) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.1.3. Estabilidad (min)

Según (Loza, A, 2016.p.54) indica que a mayor estabilidad, la masa podrá resistir más tiempo al abuso del mezclado y tendrá un tiempo más largo de fermentación además también gran capacidad de retención de gas, ya que la estructura reticular del gluten es bastante fuerte, lo que trae un mayor esponjamiento de la masa.

En cuanto a la estabilidad (min) se muestran los valores en el cual presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) mostrando como valor máximo el nivel del 0% (29,25 min) y como valor mínimo el nivel 30% (1,50min). Según (Loza, A, 2016.p.55) menciona en su investigación en harina de trigo una estabilidad de 10,10min y en comparación a mi investigación se obtuvo un valor alto en el testigo esto depende de la variedad del trigo que se utilizó, pero para las sustituciones se obtuvo niveles bajos lo que no es apta para panificación. En cuanto al análisis de regresión se estableció una tendencia cuadrática altamente significativas ($p < 0,01$) con la siguiente ecuación $y = 28,082 - 195,14x + 342,86x^2$, con un coeficiente de determinación de 90,4% como se puede observar en el (Gráfico 5-3).

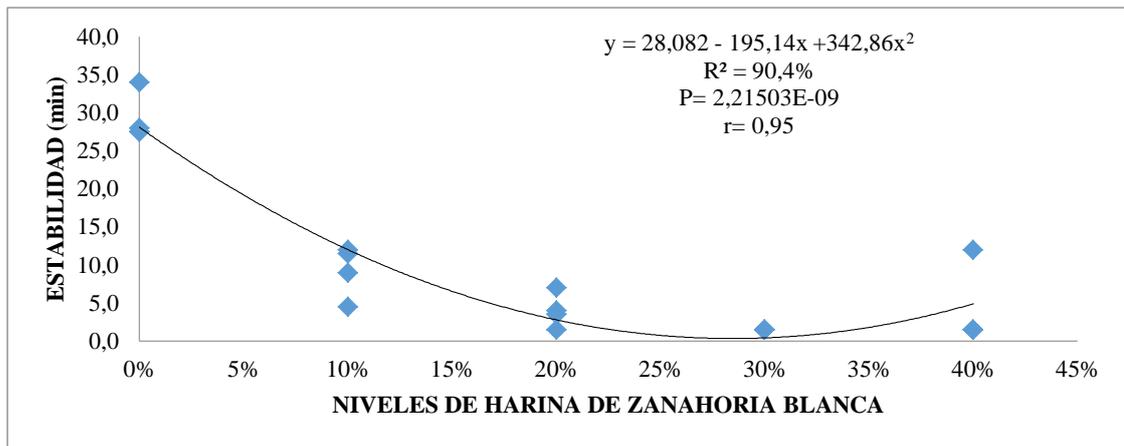


Gráfico 5-3: Regresión en función al parámetro de la Estabilidad (min) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.1.4. Debilitamiento de la masa (Nm)

El debilitamiento de la masa o tiempo de ablandamiento representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 min. se expresa en unidades farinográficas (Nm) ablandamientos elevados indican que la red de gluten es mala o que la harina posee mucho almidón dañado (Loza, A, 2016.p.56).

De acuerdo al debilitamiento se presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) mostrando como valor máximo el nivel del 30% (0,22 Nm) y como valor mínimo el nivel 0% (0,05 Nm). Según (Sandoval, G et al., 2012.p.126) en su investigación señala el valor del debilitamiento de la masa del trigo (0,08 Nm), lo cual indica diferencias en la presente investigación, por otra parte (Loza, A, 2016.p.56) dice que la harina de trigo siempre presentará menor grado de ablandamiento comparado con harinas de otros cereales debido a la mayor presencia de gluten en su composición. En el análisis de regresión se estableció una tendencia cuadrática altamente significativa ($p < 0,01$) con la siguiente ecuación $y = 0,0492 + 0,963x - 1,55x^2$, con un coeficiente de determinación de 81,8% tal como se muestra en el (Gráfico 6-3).

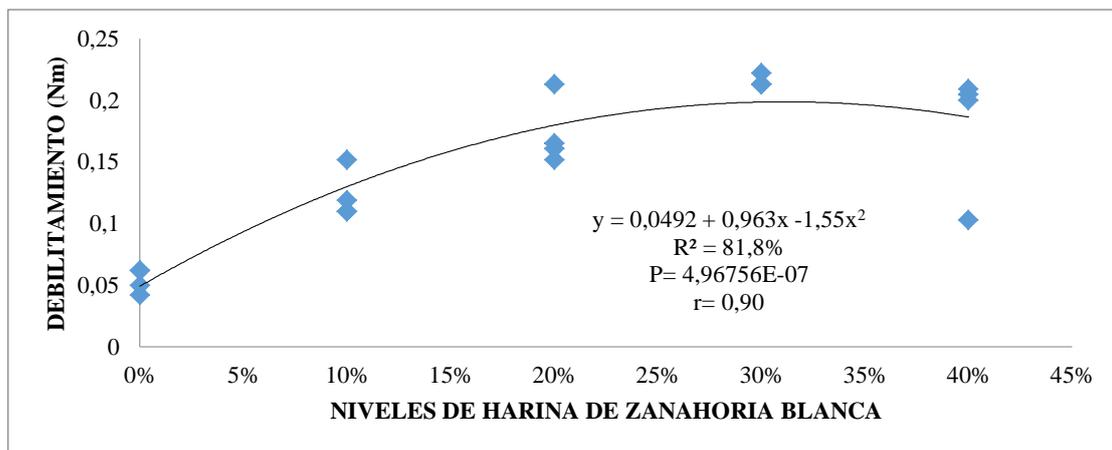


Gráfico 6-3: Regresión en función al parámetro del Debilitamiento (Nm) en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.2. Caracterización reológica

3.2.1. Hidratación

El porcentaje de hidratación es la cantidad de agua necesaria para formar la masa. (Vásconez, L, 2015.p.18)

Según (Chopin Applications Laboratory, 2009.p.38) menciona que la cantidad de gluten presente en la muestra, afecta directamente el porcentaje de hidratación, entre mayor sea el contenido de gluten mayor será la hidratación.

En la Tabla 12-3 se muestran los resultados obtenidos del Mixolab en los cuales presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), mostrando como valor máximo en el nivel 0% (63,10%), y con un valor mínimo en el nivel 20% (60,58%), en las diferentes sustituciones de harina de trigo–zanahoria blanca. Al compararse con los datos obtenidos en la investigación de (Vásconez,L. 2015.p.38) reporta que la harina de trigo tiene una hidratación de 65,5%, esto se debe al contenido de gluten presente en las harinas.

Tabla 12-3: Caracterización del comportamiento reológico de los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca, en la elaboración de pan

Parámetros	Niveles										E.E		Pro.	
	0%		10%		20%		30%		40%					
Hidratación (%)	63,10a		61,40ab		60,58ab		61,60ab		62,13b		0,45		0,0167	
Estabilidad (min)	8,06a		9,47ab		7,16bc		5,02c		2,36c		0,67		0,0001	
	Tiempo (min)	Par (Nm)												
C1: Desarrollo de la masa	4,63a	1,10a	2,49a	1,09a	0,99a	1,08a	0,77ab	1,11a	0,70b	1,14a	0,78	0,03	0,0126	0,6218
C2: Debilitamiento de la proteína	16,85a	0,40a	17,10a	0,42a	17,73a	0,32ab	17,14ab	0,25b	18,32b	0,23b	0,20	0,03	0,0008	0,0011
C3: Gelatinización del almidón	22,18a	1,31a	23,09ab	1,31a	23,99ab	0,94ab	23,38ab	0,70b	25,33b	0,50b	0,63	0,11	0,0338	0,0003
C4: Actividad amilásica	31,18a	1,17a	31,42a	1,09a	32,26a	0,82ab	30,61a	0,63b	30,74a	0,48b	0,54	0,10	0,2615	0,0005
C5: Retrogradación del almidón	45,01a	1,62a	45,02a	1,44a	45,02a	1,11ab	45,01a	0,90b	44,99a	0,70b	0,01	0,12	0,2520	0,0005

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

Fuente: INFOSTAT, 2019

EE: Error estándar

Prob: <0,01: existen diferencias altamente significativas

Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Prob.>0,05: No existen diferencias significativas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey.

3.2.2. Estabilidad (min)

La estabilidad es un parámetro importante para establecer si la harina es considerada como fuerte o débil, valores superiores a 7 min se considera una harina fuerte y bajo este tiempo se consideran harinas débiles (Chopin Applications Laboratory, 2012.p.48).

Los resultados obtenidos de la estabilidad presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), mostrando como valor máximo al nivel 10% (9,47 min), y con un valor mínimo el nivel 40% (2,36min). Por otro lado (Sandoval, G et al.,2012.p.128) menciona que la harina de trigo tiene un valor de estabilidad de (9,30min), comparando con mi investigación al nivel del 10% tiene un valor alto considerándose así una harina fuerte, pero al ir sustituyendo en los diferentes niveles empieza a descender, esto debido a que tiene un bajo contenido de fibra.

3.2.3. C1: Desarrollo de la Masa

El desarrollo de la masa permite conocer el porcentaje de requerimiento de agua necesaria para que la masa sea estable y libre de deformaciones cuando alcance un par máximo de 1.1 Nm, el tiempo óptimo de amasado sería de 4 a 5 min, valores inferiores a esto son consideradas harinas débiles y superiores son consideradas harinas fuertes. La fuerza de la harina está directamente relacionada con el tiempo de estabilidad, a mayor tiempo, mayor será la fuerza de la harina (Morales, A,2015.p.39)

En el desarrollo de la masa se puede observar que los resultados no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) teniendo un valor medio en el tiempo de (1,92 min), por lo que la harina de zanahoria blanca no influyo en este parámetro, considerando como una harina débil, esto se debe a que al aumentar el porcentaje de sustitución disminuyen las proteínas formadoras de gluten y por lo tanto disminuye el tiempo de resistencia de amasado, en lo que se refiere al Par con un valor medio (1,10 Nm), mismos que se encuentran dentro de los valores establecidos por (Morales, A,2015.p.39).

3.2.4. C2: Debilitamiento de la Proteína

El debilitamiento de la proteína es la fuerza y la extensibilidad del gluten que se relaciona con la calidad de las proteínas, las mismas que permiten la formación de las proteínas estas son: las gluteninas y gliadinas, la primera se encarga de la estabilidad y la fuerza de la masa y la segunda son las que le dan extensibilidad y viscosidad a la misma. (Rodríguez, E et al., 2005.p.73)

En los resultados que se muestran del debilitamiento de proteínas presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), con un valor máximo y mínimo de Par (0,42Nm) en el nivel del 10% y (0,23 Nm) en el nivel del 40%. Sin embargo (Guerra ,A , 2014.p.40) señala que valores

superiores a 0,6Nm proporcionan una masa de tenacidad elevada, lo que provoca un pan con muy poco volumen y lo recomendado para valores de C2 son en un rango inferior a 0,5Nm, puesto que proporciona una masa de tenacidad adecuada y panes voluminosos, por lo que los valores de C2 se encuentran en un rango inferior a 0,5 Nm.

3.2.5. C3: Gelatinización del Almidón

(Chopin Technologies, 2012.p.52) Menciona que la Gelatinización del almidón es la segunda etapa del calentamiento de la masa, donde la temperatura excede los 60°C, punto en donde existe un aumento Par de cada formulación, esto se debe al aumento rápido de la viscosidad de la masa debido a la calidad del almidón presente en las muestras.

El valor óptimo de la Gelatinización del Almidón debe oscilar entre 1,59 y 2,27 Nm, estos valores permiten conocer que la calidad del almidón es óptima (Chopin Applications Laboratory, 2012.p.52). Los resultados obtenidos en la investigación presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) obteniendo un valor mínimo y máximos de Par en el 40% (0,50Nm) y en los niveles del 0% y 10% (1,31Nm), estos valores están dentro de lo establecido, esto se debe a la calidad del almidón.

3.2.6. C4: Actividad Amilásica

La actividad amilásica depende de la enzima amilasa, que es la encargada de desdoblar el almidón en dextrinas, moléculas que resultaron de la degradación parcial del almidón. Cuando la temperatura aumenta de 55 a 90°C entre 25 a 35 minutos en la curva del Mixolab, la fuerza registrada en el equipo proviene esencialmente del almidón gelatinizado. Esta degradación es la causante de la reducción de la viscosidad y el aumento de la solubilidad del almidón que empezó actuar en presencia de calor y en el horneado de los panes, dando lugar al proceso de gelatinización del almidón. (Tejero, F, 2014.p.46)

Las formulaciones de harina de trigo con harina de zanahoria blanca presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$); presentando valores máximos y mínimos de Par (1,17Nm) en el nivel del 0% y (0,48 Nm) en el nivel del 40%. Según (Pineda , S et al., 2013.p.46) indica valores de C4 entre 0.95 y 2.12 (Nm) son considerados normales, ya que se mantiene las características propias de un pan de buena calidad, por lo contrario, si la actividad es muy baja o muy elevada no se desarrollará un volumen adecuado y la miga suele ser muy rígida.

3.2.7. C5: Retrogradación del Almidón

Según (Acurio,A, 2015.p.28) indica que la retrogradación del almidón se determinó en la curva del Mixolab durante la disminución de la temperatura de 90 a 50°C en el tiempo aproximado de

36 a 45 min. La disminución de la temperatura provoca que la amilosa hidratada forme puentes cruzados de hidrógeno en las secciones lineales de la amilopectina dando como resultado una estructura más rígida lo cual se traduce en un aumento de la firmeza de la miga y pérdida de agua.

(Chopin Applications Laboratory, 2012,p.42) Menciona que el valor óptimo de C5 oscila entre 1,46 y 3,73Nm. En cuanto a los resultados obtenidos en mi investigación presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), mostrando valores máximos y mínimos de Par (1,62Nm) al nivel del 0% y (0,70Nm) al nivel del 40%, los mismos que están dentro de lo establecido. Por otra parte (Dubat ,A, 2011.p.28) indica que cuanto más alto sea el índice de retrogradación, más corta será la vida útil del pan ocasionando un endurecimiento al mismo y cuando el valor del C5 es mayor la retrogradación se da más rápida.

3.3. Análisis de la textura del pan

3.3.1. Fuerza (g)

Los valores expresados de la fuerza presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) obteniendo como un valor mínimo en el nivel del 0% (88,5g) y como valor máximo en el nivel del 30% (185,75g). La fuerza de la masa es un factor determinante de la calidad del pan, de tal forma que la falta de fuerza o un exceso de la misma provocan frecuentemente problemas de regularidad y calidad en el pan, esto depende de la cantidad y calidad del gluten. (Tejero, F, 2009. p.3). En cuanto al análisis de regresión se estableció una tendencia cuadrática altamente significativa ($p < 0,01$) con la siguiente ecuación $y = 73,707 + 701,86x - 1407,1x^2$, con un coeficiente de determinación de 63,3% como se puede observar en el (Gráfico 7-3).

Tabla 13-3: Análisis de textura del pan de los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca, en la elaboración de pan.

Parámetros	Niveles					EE.	Pro.
	0%	10%	20%	30%	40%		
Fuerza (g)	88,5a	99,75b	159,25b	185,75c	115,00c	6,35	0,0001
Volumen (cm ³ /g)	4,01a	4,12b	3,30b	2,80c	2,21c	0,11	0,0001

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

Fuente: INFOSTAT, 2019

EE: Error estándar

Prob. < 0,01: existen diferencias significativas.

Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Prob.>0,05: No existen diferencias significativas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey.

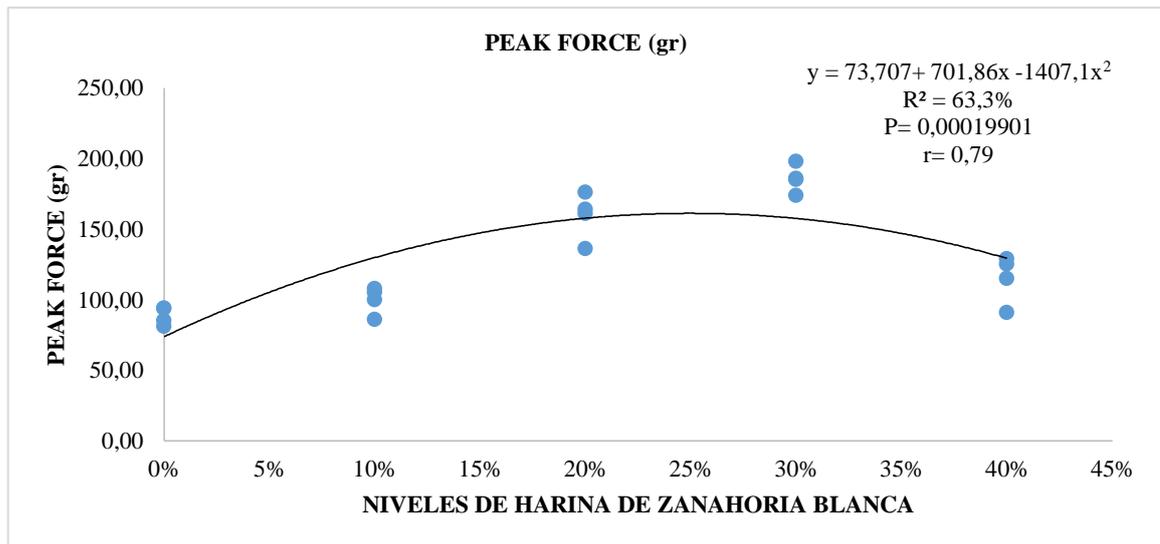


Gráfico 7-3: Regresión en función al parámetro del punto de fuerza en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.3.2. *Volumen Específico (cm³)*

El pan con mayor volumen específico fue el pan con el 10% (4,12) de harina de zanahoria blanca y el pan control 0% (4,01) respectivamente, los cuales presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre sí. Esto puede deberse a la disminución del contenido de gluten, que se da por el aumento del porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca.

En el trabajo de (Alasino, N et al., 2013, p.60) en su estudio de volumen de pan de molde, el volumen específico promedio del pan elaborado a partir de harina de trigo, oscila alrededor de 4,68. Además también menciona que un pan con un volumen de 4,5 cm³/g está dado por una harina considerada normal y una harina considerada débil si es que da valores inferiores a 4,33 cm³/g.

En cuanto al análisis de regresión se estableció una tendencia lineal altamente significativa ($p < 0,01$) con la siguiente ecuación $y = 4,2745 - 4,9335x$, con un coeficiente de determinación de 86,2% como se puede observar en el (Gráfico 8-3).

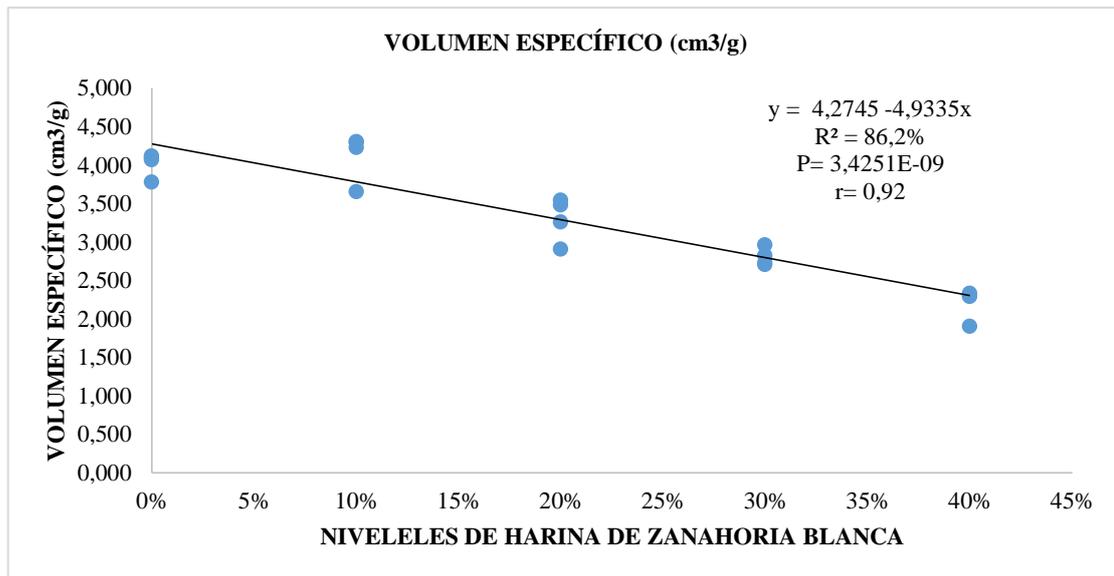


Gráfico 8-3: Regresión en función al parámetro del volumen en los diferentes niveles de sustitución de la harina de zanahoria blanca en la elaboración del pan.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.4. Análisis sensorial

Para el análisis sensorial del pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca se realizó a 20 panelistas del Departamento de la Politécnica Nacional. Como se muestra en la Tabla 14-3, se puede observar la tabulación de los datos, se realizó con el fin de determinar el producto de mayor aceptabilidad.

Tabla 14-3: Evaluación Sensorial del pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Categoría	T0 - 100% Harina de trigo			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho	0%	0%	0%	0%
Me disgusta	0%	20%	0%	0%
No me gusta ni me disgusta	25%	30%	20%	15%
Me gusta	50%	25%	50%	40%
Me gusta mucho	25%	25%	30%	45%
Categoría	T1 - 10% Harina de zanahoria blanca			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho	0%	0%	0%	0%
Me disgusta	5%	20%	10%	5%
No me gusta ni me disgusta	40%	35%	20%	30%
Me gusta	30%	20%	30%	30%
Me gusta mucho	25%	25%	40%	35%
Categoría	T2 - 20% Harina de zanahoria blanca			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho	0%	5%	0%	0%
Me disgusta	10%	10%	5%	5%
No me gusta ni me disgusta	40%	30%	45%	35%
Me gusta	35%	30%	35%	50%
Me gusta mucho	15%	25%	15%	10%
Categoría	T3 - 30% Harina de zanahoria blanca			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho	0%	0%	0%	0%
Me disgusta	0%	0%	0%	0%
No me gusta ni me disgusta	10%	25%	10%	5%
Me gusta	45%	35%	40%	50%
Me gusta mucho	45%	40%	50%	45%
Categoría	T4 - 40% Harina de zanahoria blanca			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho	0%	15%	10%	0%
Me disgusta	45%	35%	30%	25%
No me gusta ni me gusta	40%	35%	40%	40%
Me gusta	15%	15%	20%	25%
Me gusta mucho	0%	0%	0%	10%

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.4.1. Color

Como se muestra en el Gráfico 9-3 se puede observar que el nivel con mayor aceptación respecto al color por parte de los encuestadores se obtuvo el nivel del 30% de sustitución de harina de zanahoria blanca: 45 % de me gusta mucho, 45% me gusta, 10% no me gusta ni me disgusta, seguido por el nivel del 100% de harina de zanahoria blanca, 25% me gusta mucho, 50% me gusta, 25% no me gusta ni me disgusta. El nivel del 10% de harina de zanahoria blanca, 25% me gusta mucho, 30% me gusta, 40% no me gusta ni me disgusta, 5% me disgusta. En el nivel del 20% de sustitución de harina de zanahoria blanca, 15% me gusta mucho, 35% me gusta, 40% no me gusta ni me disgusta, 10% me disgusta. Finalmente el nivel del 40% de harina de zanahoria blanca, 15% me gusta, 40% no me gusta ni me disgusta, 45% me disgusta.

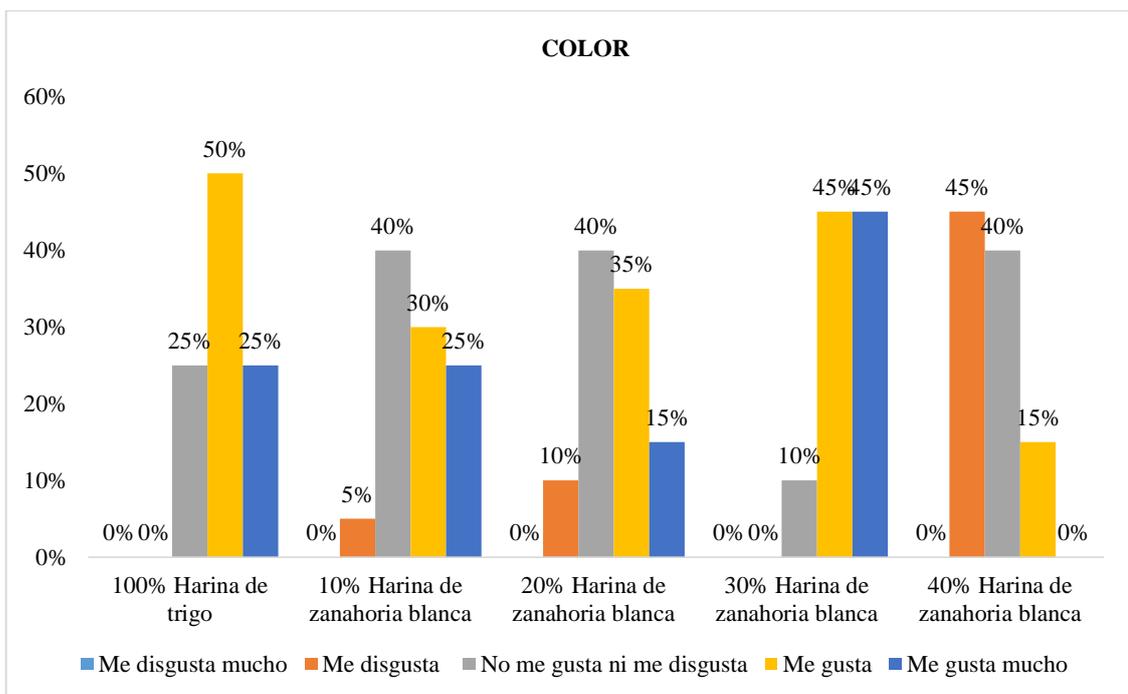


Gráfico 9-3: Análisis sensorial del color del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.4.2. Olor

Como se muestra en el Gráfico 10-3 se puede observar que el nivel con mayor aceptación respecto al olor por parte de los encuestadores se obtuvo el nivel del 30% de sustitución de harina de zanahoria blanca: 40 % de me gusta mucho, 35% me gusta, 25% no me gusta ni me disgusta, seguido por el nivel del 100% de harina de zanahoria blanca, 25% me gusta mucho, 25% me gusta, 30% no me gusta ni me disgusta, 20% me disgusta. El nivel del 10% de harina de zanahoria blanca, 25% me gusta mucho, 20% me gusta, 35% no me gusta ni me disgusta,

20% me disgusta. En el nivel del 20% de sustitución de harina de zanahoria blanca, 25% me gusta mucho, 30% me gusta, 30% no me gusta ni me disgusta, 10% me disgusta, 5% me disgusta mucho. Finalmente el nivel del 40% de harina de zanahoria blanca, 15% me gusta, 35% no me gusta ni me disgusta, 35% me disgusta, 15% me disgusta mucho.

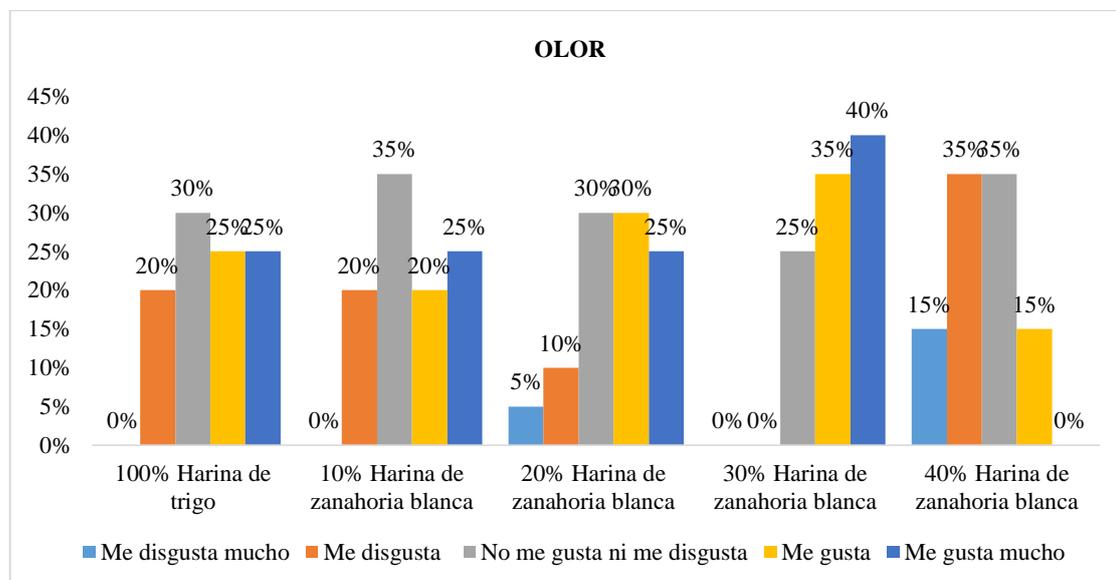


Gráfico 10-3: Análisis sensorial del olor del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.4.3. Sabor

Como se muestra en el Gráfico 11-3 se puede observar que el nivel con mayor aceptación respecto al sabor por parte de los encuestadores se obtuvo el nivel del 30% de sustitución de harina de zanahoria blanca: 50 % de me gusta mucho, 40% me gusta, 10% no me gusta ni me disgusta, seguido por el nivel del 100% de harina de zanahoria blanca, 30% me gusta mucho, 50% me gusta, 20% no me gusta ni me disgusta. El nivel del 10% de harina de zanahoria blanca, 40% me gusta mucho, 30% me disgusta, 20% no me gusta ni me disgusta, 10% me disgusta. En el nivel del 20% de sustitución de harina de zanahoria blanca, 15% me gusta mucho, 35% me gusta, 45% no me gusta ni me disgusta, 5% me disgusta. Finalmente el nivel del 40% de harina de zanahoria blanca, 20% me gusta, 40% no me gusta ni me disgusta, 30% me disgusta, 10% me disgusta mucho.

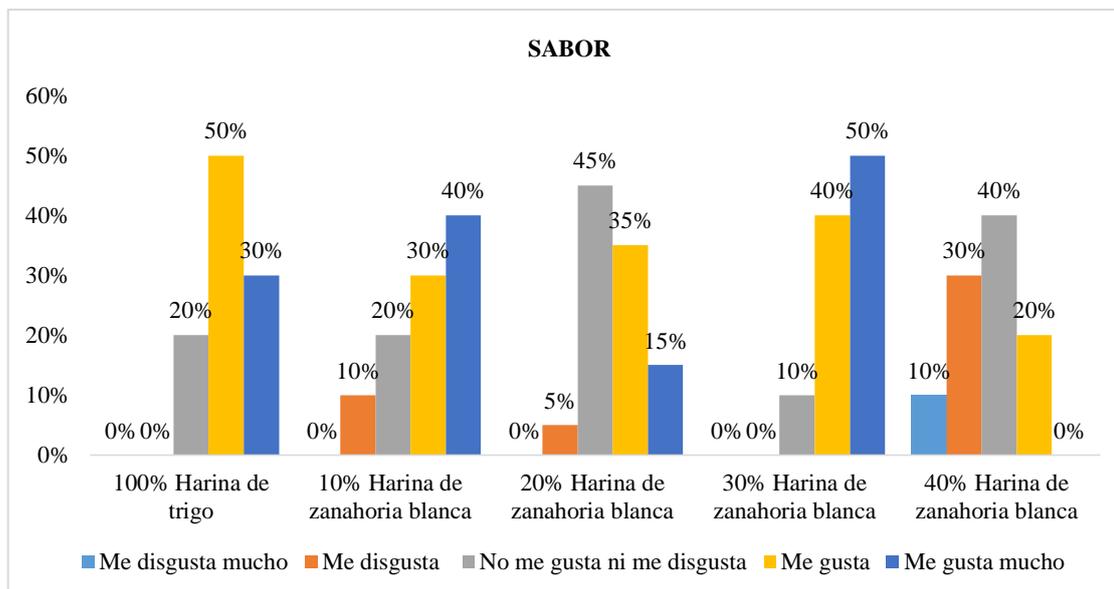


Gráfico 11-3: Análisis sensorial del sabor del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.4.4. Textura

Como se muestra en el Gráfico 12-3 se puede observar que el nivel con mayor aceptación respecto a la textura por parte de los encuestadores se obtuvo el nivel del 30% de sustitución de harina de zanahoria blanca: 45% de me gusta mucho, 50% me gusta, 5% no me gusta ni me disgusta, seguido por el nivel del 100% de harina de zanahoria blanca, 45% me gusta mucho, 40% me gusta, 15% no me gusta ni me disgusta. El nivel del 10% de harina de zanahoria blanca, 35% me gusta mucho, 30% me gusta, 30% no me gusta ni me disgusta, 5% me disgusta. En el nivel del 20% de sustitución de harina de zanahoria blanca, 10% me gusta mucho, 50% me gusta, 35% no me gusta ni me disgusta, 5% me disgusta. Finalmente el nivel del 40% de harina de zanahoria blanca, 10% me gusta mucho, 25% me gusta, 40% no me gusta ni me disgusta, 25% me disgusta.

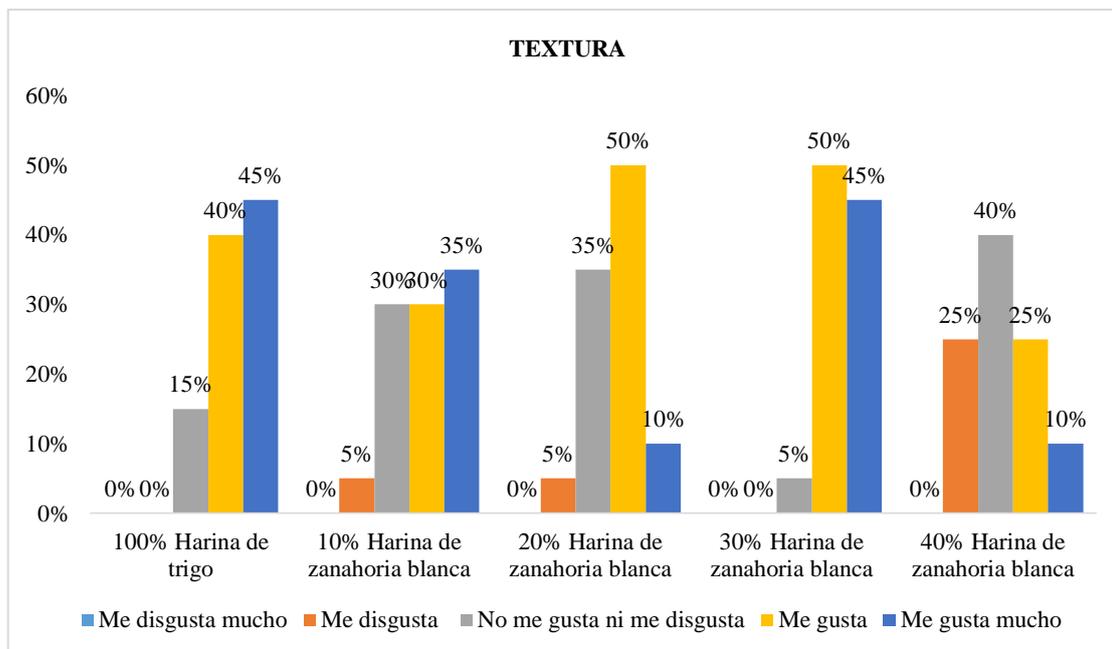


Gráfico 12-3: Análisis sensorial de la textura del pan con los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.5. Análisis proximal del pan elaborado con harina de zanahoria blanca y con mayor aceptación en el análisis sensorial, que fue el nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y 70% de harina de trigo.

3.5.1. *Humedad*

El contenido de humedad del pan al nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y el 70% de harina de trigo se obtuvo un valor promedio (37,61%). Según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2945, 2014.p.2), señala como límite máximo un valor de humedad de 40% para el pan, en esta investigación el pan obtuvo un valor bajo garantizándose de esta forma una buena conservación del producto lo que indica un mayor tiempo de vida del producto. Como se puede observar en el (Gráfico13-3).

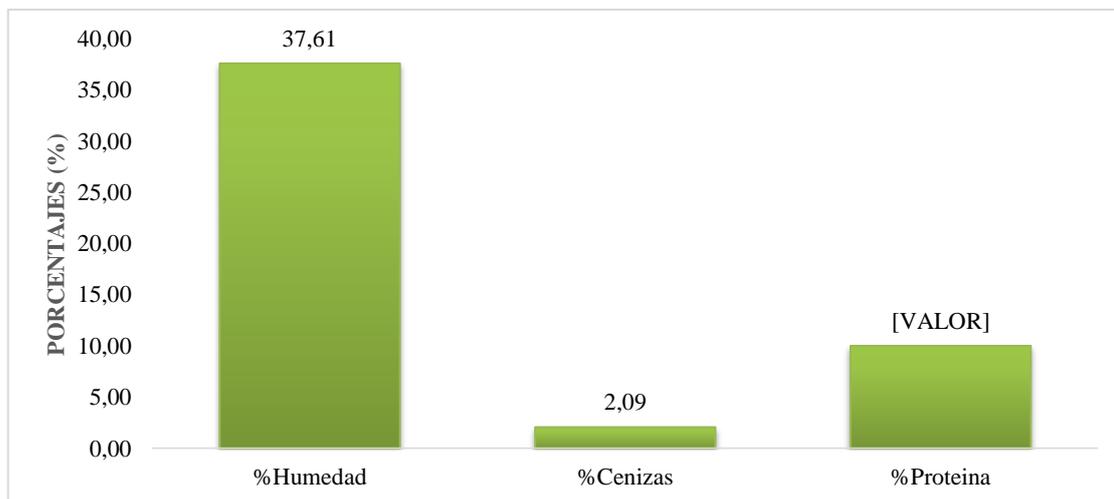


Gráfico 13-3: Composición físico-química de pan al nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y el 70% de harina de trigo.

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.5.2. Cenizas

El contenido de cenizas del pan al nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y el 70% de harina de trigo se obtuvo un valor promedio (2,09%), al comparar el resultado obtenido por (Chilig, C, 2013,p.46), encontramos un valor de contenido de cenizas (2,97 %), el valor obtenido es superior al de nuestra investigación esto se debe a que la zanahoria blanca posee mayor cantidad de minerales.

3.5.3. Proteína

El contenido de proteínas del pan al nivel del 30% de harina de zanahoria blanca y el 70% de harina de trigo se obtuvo un valor (10,03%). Según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2945, 2014.p.2), indica un valor mínimo de (7%), en nuestra investigación se obtuvo un valor alto esto se debe al aporte de proteínas de harina de zanahoria blanca.

3.6. Análisis microbiológico

En cuanto a los análisis microbiológicos no existió la presencia de mohos y levaduras en el pan de harina de zanahoria blanca. Según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 95, 1979.p.88), señala el nivel de aceptación de 4480 UFC/g que también está fuera del límite permitido ya que la norma acepta un máximo de 500 UFC/g. Como se muestra en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3: Análisis microbiológico del pan con mayor aceptación.

Repeticiones	Microorganismos	
	Mohos y Levaduras UPC/g	
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

3.7. Análisis beneficio/costo

Como se puede observar en la Tabla 16-3 el beneficio/costo de los cinco tratamientos son rentables ya que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 0,30 centavos registrando un B/C de 1,30 USD, por esta razón en la elaboración del pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca es rentable.

Tabla 16-3: Evaluación del beneficio/costo de la elaboración de pan de los diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Detalle	Costo/kg dólares	Niveles de harina de zanahoria blanca				
		0%	10%	20%	30%	40%
Harina de trigo	0,88	0,88	0,79	0,70	0,62	0,53
Harina de zanahoria blanca	2,60	0,00	0,26	0,52	0,78	1,04
Sal	0,90	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Levadura	6,56	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Azúcar	1,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Grasa	1,76	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Agua	1,00	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Fundas Ziploc	5,50	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
TOTAL		1,50	1,67	1,84	2,02	2,19
Cantidad de pan (kg)		1	1	1	1	1
Costo de producción por (kg) de pan en dólares		1,50	1,67	1,84	2,02	2,19
Ingresos de venta por (kg) de pan en dólares		1,95	2,17	2,39	2,63	2,85
Ingresos totales en dólares		1,95	2,17	2,39	2,63	2,85
Beneficio/costo en dólares		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30

Realizado por: CAYAMBE, Patricia, 2019

CONCLUSIONES

Al determinar las características farinográficas en los diferentes niveles de sustitución al 0%,10%, 20,30%,40% de harina de zanahoria blanca se obtuvieron los siguientes resultados: Absorción de agua 62,58%, Tiempo de desarrollo 3min, Estabilidad 9,25 min y Debilitamiento 0,12Nm, la mezcla que más se acerca a los valores promedios para la elaboración de pan fue con el nivel del 40% de harina de zanahoria blanca y 60% de harina de trigo.

Al determinar el comportamiento reológico de las premezclas de (harina de zanahoria blanca-harina de trigo) durante el amasado mediante el equipo Mixolab se evaluó que las características reológicas, la masa que se elaboró con harina de zanahoria blanca al 40% y el 60% de harina de trigo conservó mejor sus propiedades, diferente a las tres formulaciones restantes. Con respecto a la estabilidad la muestra control tiene un valor de 8,06 min, pero al sustituirla con harina de zanahoria blanca se obtuvo un valor de 2,36 min, esto se debe al contenido de fibra que tiene la zanahoria blanca.

El producto de mayor aceptación según las pruebas organolépticas (color, olor, sabor y textura), fue con el nivel de sustitución del 30% de harina de zanahoria blanca, al cual se le realizó los análisis físico-químico reportando los siguientes resultados proteína 10,03, ceniza 2,09 y humedad 37,61 y mientras que los análisis microbiológicos reportaron ausencia de mohos y levaduras siendo un producto apto para el consumo humano.

Se determinó el beneficio costo en los diferentes niveles de sustitución de harina de zanahoria blanca para la elaboración de pan mediante la fórmula B/C el cual corresponde a \$1,30 dólares americanos en todos los tratamientos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización del 30% de sustitución de harina de zanahoria blanca para la elaboración de pan ya que presentaron los mejores resultados en el análisis sensorial.

Utilizar la harina de zanahoria blanca en otros tipos de productos por el gran beneficio nutricional que esta presenta incrementando el consumo de este tubérculo que en la actualidad es limitado.

Difundir los resultados de esta investigación mediante los programas de vinculación de la institución para llegar a la población más vulnerable de la provincia y del país.

BIBLIOGRAFÍA

ACURIO ACURIO, Aida Patricia. Evaluación del efecto de la fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122. [En línea](Tesis de Posgrado). Universidad técnica de Ambato Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos Carrera de Ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador.2015, p.28. [Consultado: 10 de 11 de2019].Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15897/1/AL%20590%20.pdf>

AGUIRRE MAZA, Zhofre. *Diversidad de Tuberculos Andinos en el Ecuador.* [blog]. Loja-Ecuador 2001. p.1 [Consultado: 06 de 10 de 2019]. Disponible en: <http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html>

ÁLVAREZ PULLUQUITÍN, Miryam. 2012. Utilización de mejoradores en la harina de trigo nacional (*Triticum aestivum*) para la elaboración de pan. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos Carrera de Ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador .2012, p.30. [Consultado: 24 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/443/1/TAI95.pdf>

ÁLVAREZ RUIZ, Cynthia. Proceso de obtención de harina de frutipan (*artocarpus altilis*) y su utilización en pan de molde. [En línea]. (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias Carrera de Ingeniería de Alimentos, Quito-Ecuador.2016, p.48. [Consultado: 25 de 10 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14335/1/65729_1.pdf

BELITZ, Grosch .*Química de los amlimentos.*2da ed. Zaragoza-España: Acribia, S.A.1997.p.3

BERNAL BAILÓN Ingrid, & RIVADENEIRA VERA Gema. Utilización de mejoradores en la harina de trigo nacional (*Triticum aestivum*) para la elaboración de pan. [En línea]. (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. Carrera Agroindustria. Manabí- Calceta. 2015, p.28. [Consultado: 05 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/443/1/TAI95.pdf>

BRAVO MOLINA José de Jesús, & ORTIZ HERNÁNDEZ, Gabino. Efecto del grado de extracción de harinas de trigo (*Triticum estrivum* L.) sobre sus propiedades químicas y de panificación. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Chapingo-México. 1999, p.10. [Consultado: 18 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://148.206.53.84/tesiuami/UACH21646.pdf>

COBO Gabriel, QUIROZ Manuel & SANTACRUZ Samuel. Sustitución parcial de trigo (*Triticum aestivum*) por zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* B.) en la elaboración de pan, vol.5, n°2, Quito-Ecuador.p.15. [Consultado: 10 de 11 de 2019]. Disponible en: [https://manualzz.com/doc/5512150/-triticum-aestivum--por-zanahoria-blanca-arracacia-xanthorrhiza B.](https://manualzz.com/doc/5512150/-triticum-aestivum--por-zanahoria-blanca-arracacia-xanthorrhiza-B)

CHOPIN APPLICATIONS LABORATORY. Mixolab applications handbook. Rheological and enzyme analyse. [En línea], 2012, (United States of America), 2 (5), pp. 48-42. [Consultado: 07 de 11 de 2019]. Disponible en: <file:///F:/informacion%20tesis/2012-CHOPIN-Mixolab-Applications-Handbook-EN-SPAIN-3.pdf>

CHOPIN TECHNOLOGIES. Mixolab 2. *Modo de empleo. Mide las características de la masa durante el amasado y la calidad de la proteína y del almidón.* [blog]. Francia-París.2009. p.1. [Consultado:18 de 12 de 2019.]. Disponible en: <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/443/1/TAI95.pdf>

DOMINIC WONG, Wilson. *Química de los alimentos (mecanismos y teoría).* [En línea]. 4ta ed. Zaragoza-España: Acribia, S.A.1995.pp.2-3. [Consultado: 15 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Panificacion.pdf>

DUBAT, Alejandro. El club del pan (Chopin-Techologies). [En línea]. (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, Hotelería y Turismo. Cuenca-Ecuador.2012, p.2. [Consultado: 07 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Panificacion.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). *Fichas Técnicas Cereales PRODAR, Manual de Procesos Agroindustriales.* [blog]. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos, 2006. p.1. [Consultado el: 20 de 11 de 2019.]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0u.htm>.

GARCÍA, Raquel. *Pan: Calorías y valor nutricional del pan.* [blog]. Lima-Perú.2006. p.1. [Consultado el: 18 de 11 de 2019.]. Disponible en: <https://www.runnea.academy/blog/calorias-valor-nutricional-71/>

GONZÁLEZ SANTAMARIA, Paúl. “Efecto de la utilización de los β -glucanos del salvado de la cebada en las propiedades reológicas y nutricionales de una matriz alimenticia “tipo alfajor”. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e

Ingeniería en Alimentos. Ambato-Ecuador. 2015,pp.77-78. [Consultado: 28 de 10 de 2019]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9373/1/AL%20561.pdf>

GUERRA LUDEÑA, Andrea. Estudio de la utilización de la harina de mashua (*tropaeolum tuberosum*) en la obtención del pan de molde. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera De Ingeniería de Alimentos. Quito-Ecuador. 2014, p.40. [Consultado: 07 de 11 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14296/1/62647_1.pdf

HERRERA, Priscila., & SISALIMA, Diana. Elaboración de rosquillas a base de harina de camote morado, quinua, trigo y evaluación de su potencial nutritivo.[En línea] (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, Hotelería, Gastronomía y Turismo, Cuenca-Ecuador, 2013.p.16. [Consultado: 15 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/400/1/TESIS.pdf>

HIGUERA Milton, & PRADO Ramiro. Determinación de los parámetros óptimos de proceso para la elaboración de snacks a partir de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). [En línea] (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Ibarra-Ecuador. 2013, pp.9-18. [Consultado: 01 de 12 de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3452/1/03%20EIA%20337%20TESIS.pdf>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2945. Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Pan. Requisitos*. Quito-Ecuador.2014, p.2. [Consultado: 20 de 11de 2109]. Disponible en: <https://docplayer.es/72215729-Nte-inen-2945-norma-tecnica-ecuatoriana-pan-requisitos-2014-xx-quito-ecuador-bread-requirements.html>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0616. Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Harina de trigo. Requisitos*. Quito-Ecuador.2006, p.3. [Consultado: 15 de 11de 2109]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/5531663/nte-inen-0616--harina-de-trigo.-requisitos>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2945. Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Pan .Requisitos*. Quito-Ecuador.2014, p.1-2. [Consultado: 10 de 11de 2019]. Disponible en:

<https://docplayer.es/72215729-Nte-inen-2945-norma-tecnica-ecuatoriana-pan-requisitos-2014-xx-quito-ecuador-bread-requirements.html>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 518. Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida de humedad por calentamiento.* Quito-Ecuador.1980, p.5-6. [Consultado: 10 de 11de 2019]. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0518.1981/page/n1>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 520. Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Harinas de origen vegetal. Determinación de ceniza.* Quito-Ecuador.1980, p.5-6. [Consultado: 10 de 11de 2019]. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0520.1981/page/n1>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 519. Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína.* Quito-Ecuador.1980, p.6-7. [Consultado: 10 de 11de 2019]. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0519.1981/page/n1>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616. *Harina de trigo. Requisitos.* Quito-Ecuador.2006, p.5-6. [Consultado: 10 de 11 de 2019]. Disponible en: <https://archive.org/stream/ec.nte.0616.2006/page/n3/mode/2up>.

JORDÁN,Rebeca. Desarrollo de una fórmula para un postre instantáneo a partir de harinas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) y zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne). [En línea] (Trabajo de Grado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Guayaquil- Ecuador .2018, p.24. [Consultado: 14 de 10 de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10198/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-26.pdf>

LASCANO SUMBANA, Alexandra. Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*solanumtuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas. [En línea] (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, Carrera de ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador. 2010, p.44-46. [Consultado: 08 de 11 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14306/1/63801_1.pdf

LAWRENCE, Gitman. *Relación Beneficio/Costo.* [blog]. Bogotá-Colombia 2007.p.1. [Consultado: 17 de 11 de 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/74796344-Conocer-la-situacion-actual-de-la-ciudad-de-mira-e-identificar-la-problematika-existente-en-la-poblacion.html>

LOZA ESTEBAN, Angélica. Elaboración de galletas saladas con sustitución parcial la harina de trigo por harina de plátano (musa paradisiaca) y adición de semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum*). [En línea] (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Departamento Académico de Ciencia Tecnología e Ingeniería de Alimentos, Tingo María -Perú. 2016, pp.53-56. [Consultado: 01 de 10 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1267/LEA_2016.pdf?sequence=1&isAlloved=y

MARTÍNEZ, Verónica. “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”. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos, Ambato-Ecuador.2011, p.218. [Consultado: 14 de 10 de 2019]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/840/3/AL454%20Ref.%203403.pdf>

MATOS Alfredo.; & PAYEHUANCA, Irma. I Congreso Nacional de Investigación. *La formación de la masa, la fermentación y los métodos de proceso en la elaboración del pan.* [En línea], Lima-Perú 2011, p.3-4. [Consultado: 14 de 10 de 2019]. Disponible en: <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Panificacion.pdf>

MORALES, Anzaldúa. *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en Práctica.* 3ra ed. Zaragoza-España: Acribia, S.A. 1994.p.214.

OTHÓN SERNA, Sergio. *Química, almacenamiento e industrialización de los cereales.* 1era ed. Chapingo-México,2013,pp.18-20. [Consultado: 15 de 11 de 2019]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/quimica-almacenamiento-e-industrializacion-de-los-cereales/oclc/61412082>

PARRA FUENTES Madeleyne. Variabilidad genética de siete cultivares de arracacha (*arracacia xanthorrhiza bancroft*) producidos en los municipios de boyacá y turmequé (boyacá) utilizando marcadores microsatélites. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias

Básicas y Aplicadas, Maestría en Biología Aplicada. [En línea] (Tesis de posgrado). Bogotá – Colombia. 2018, p.6. [Consultado: 07 de 06 de 2019]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18146/ParraFuentesMadeleyne2018.pdf>

PINEDA VÁSQUEZ, Sara. Utilización de la harina de malanga (*xanthosoma sagittifolium*) en la obtención de productos de panificación. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera de Ingeniería de Alimentos, Quito-Ecuador. 2013, p.17. [Consultado: 10 de 10 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5042/1/53961_1.pdf

RODRIGUEZ Eduardo, FERNÁNDEZ Alejandro & AYALA Alfredo. Ingeniería e Investigación. *Reología y textura de masa: aplicaciones*. [En línea] 2005, Bogotá-Colombia, vol. 25, núm. 1, p.3. [Consultado: 12 de 12 de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/643/64325110.pdf>.

RODRÍGUEZ Eduardo, LASCANO Alexandra & SANDOVAL Galo. Influencia de la Sustitución Parcial de la Harina de Trigo por Harina de Quinoa y Papa en las Propiedades Termomecánicas y de Panificación de Masas. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos. 2012, Ambato-Ecuador. p.203. [Consultado: 22 de 10 de 2019]. Disponible en: <file:///F:/%C2%A0/perfil%20de%20tesis/tesis%20casi%20fin/v15n1a21debilitamiento%20termico%7D.pdf>

SALAZAR QUISHPE, Diana. Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua cruda y tostada en la elaboración de pan. [En línea] (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera de Ingeniería de Alimentos, Quito-Ecuador. 2015, p.17. [Consultado: 24 de 11 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14405/1/61827_1.pdf

SANDOVAL Galo., ÁLVAREZ Mario., PAREDES Mayra & LASCANO Alexandra. Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. [En línea] (Tesis de Grado). Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2012, pp.126-128. [Consultado: 30 de 10 de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633702003.pdf>

SILVA HUILCAPI Carlos Jaime. Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo. [En línea] (Tesis de posgrado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Maestría en Procesamiento y Conservación de Alimentos, Guayaquil-Ecuador. 2016, pp.9-10. [Consultado: 08 de 12 de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12939/1/TESIS%20SR.%20CARLOS%20SILVA%20FINAL%2010%20oct%20con%20ANALISIS%20%281%29.pdf>

TEJERO, Francisco. Asesoría técnica de panificación. *Defectos n la fermentación y la cocción. Harinas especiales para productos de panadería, bollería y pastelería.* [blog]. Madrid-España. 2014, pp.4-6. [Consultado: 07 de 11 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14307/1/63857_1.pdf

TEJERO. Francisco. *Factores que influyen en la fuerza de la masa.* [blog]. Madrid-España. 2009, p.3. [Consultado: 07 de 11 de 2019]. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/factores-que-influyen-en-la-fuerza-de-la-masa/>

VÁSCONEZ CHIMBO, Lorena . Estudio del efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina de papa china para la elaboración de pan. [En línea] (Tesis de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Alimentos, Quito-Ecuador. 2015, pp.18-38. [Consultado: 09 de 12 de 2019]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14296/1/62647_1.pdf

ZHUNIO SUQUI, Daniela. Aplicación de técnicas de masas batidas en seis especies de tubérculos cultivados en el Ecuador. [En línea] (Tesis de grado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Hospitalidad, Carrera de Gastronomía, Cuenca-Ecuador. 2019, p.30. [Consultado : 09 de 10 de 2019]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32642/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Boleta para análisis sensorial en la elaboración de pan con diferentes niveles de harina de zanahoria blanca.

Nombr																																		
e																																		
Fecha _____																																		
INSTRUCCIONES																																		
Frente a usted se presenta cinco muestras de pan. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta cada atributo de cada muestra de acuerdo al puntaje categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.																																		
Nota: recuerde tomar agua y comer un pedazo de pan en cada muestra																																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Puntaje</th> <th style="width: 40%;">Categoría</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Me disgusta mucho</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Me disgusta</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>No me gusta ni me disgusta</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Me gusta</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Me gusta mucho</td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table>					Puntaje	Categoría				1	Me disgusta mucho				2	Me disgusta				3	No me gusta ni me disgusta				4	Me gusta				5	Me gusta mucho			
Puntaje	Categoría																																	
1	Me disgusta mucho																																	
2	Me disgusta																																	
3	No me gusta ni me disgusta																																	
4	Me gusta																																	
5	Me gusta mucho																																	
CODIGO	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA																														
T0																																		
T1																																		
T2																																		
T3																																		
T4																																		
T5																																		
¡Gracias por su colaboración!																																		

Anexo B: Estadística de absorción de agua (%) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N. de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	63,5	63,3	63,0	63,3	253,1	63,28
10	60,0	59,9	59,7	60,8	240,4	60,10
20	60,3	60,0	61,6	60,3	242,2	60,55
30	61,6	61,5	61,7	61,5	246,3	61,58
40	62,3	62,3	62,2	63,5	250,3	62,58
Promedio						61,62
Coefficiente de Variación (C.V)						0,79

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	28,43	4	7,11	30,18	<0,0001
Error	3,53	15	0,24		
Total	31,97	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	63,28	4	0,24	a
10	60,10	4	0,24	a b
20	60,55	4	0,24	b c
30	61,58	4	0,24	c d
40	62,58	4	0,24	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,93742195
Coefficiente de determinación R ²	0,87875991
R ² ajustado	0,8560274
Error típico	0,49215724
Observaciones	20

	gl	S.C	P.C	F	Valor crítico de F
Regresión	3	28,09	9,36333333	38,65651744	1,47213E-07
Residuos	16	3,8755	0,24221875		
Total	19	31,9655			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Prob.	Inf.95%	Sup. 95%	Inf. 95,0%	Sup. 95,0%
Intercepción	63,24	0,2443	258,847	2,07E-30	62,722	63,758	62,722	63,758
Variable X 1	-51,5833333	6,2151	-8,300	3,43E-07	-64,759	-38,408	-64,759	-38,408
Variable X 2	246,25	39,460	6,240	1,18E-05	162,598	329,902	162,598	329,902
Variable X 3	-304,166667	64,847	-4,690	2,46E-04	-441,637	-166,696	-441,637	-166,696

Anexo C: Estadística de tiempo de desarrollo (min) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	7,5	6,5	6,5	6,5	27,0	6,75
10	2,5	3,0	2,5	2,0	10,0	2,50
20	2,0	2,0	2,5	2,0	8,50	2,13
30	2,5	2,5	2,0	2,5	9,50	2,38
40	3,0	3,0	3,0	3,0	12,0	3,00
Promedio						3,35
Coeficiente de variación(C.V)						9,83

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	59,43	4	14,86	1377,13	<0,0001
Error	1,63	15	0,11		
Total	61,05	19			

P≤:presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	6,75	4	0,16	a
10	2,5	4	0,16	a b
20	2,13	4	0,16	a b
30	2,38	4	0,16	b
40	3,00	4	0,16	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,98232299
Coeficiente de determinación R ²	0,96495846
R ² ajustado	0,95838818
Error típico	0,36565743
Observaciones	20

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	58,91071429	19,63690476	146,867001	7,47034E-12
Residuos	16	2,139285714	0,133705357		
Total	19	61,05			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	6,707	0,182	36,950	6,4E-17	6,322	7,092	6,322	7,092
Variable X 1	-62,351	4,618	-13,503	3,7E-10	-72,140	-52,562	-72,140	-52,562
Variable X 2	249,107	29,318	8,497	2,5E-07	186,956	311,258	186,956	311,258
Variable X 3	-291,667	48,180	-6,054	1,7E-05	-393,803	-189,530	-393,803	-189,530

Anexo D: Estadística de estabilidad (min) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N. de harina de zanahoria blanca (%)	Estabilidad (min)				SUMA	MEDIA
	REPETICIONES					
	I	II	III	IV		
0	34,0	27,5	28,0	27,5	117,00	29,25
10	9,0	12,0	11,5	4,5	37,00	9,25
20	3,5	4,0	1,5	7,0	16,00	4,00
30	1,5	1,5	1,5	1,5	6,00	1,50
40	1,5	1,5	1,5	12,0	16,50	4,13
Promedio						9,63
Coefficiente de variación (C.V)						34,32
(C.V) ajustado						14,4

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2052,75	4	513,19	47,03	<0,0001
Niveles	2052,75	4	513,19	47,03	<0,0001
Error	163,69	15	10,91		
Total	2216,44	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	29,25	4	1,65	a
10	9,25	4	1,65	a b
20	4,00	4	1,65	a b
30	1,50	4	1,65	b
40	4,13	4	1,65	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,950842817
Coefficiente de determinación R ²	0,904102062
R ² ajustado	0,892819952
Error típico	3,53596468

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	2003,885714	1001,942857	80,1358997	2,21503E-09
Residuos	17	212,5517857	12,50304622		
Total	19	2216,4375			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	28,0821	1,664	16,877	4,7E-12	24,572	31,593	24,572	31,593
Variable X 1	-195,1429	19,710	-9,901	1,8E-08	-236,728	-153,558	-236,728	-153,558
Variable X 2	342,8571	47,251	7,256	1,3E-06	243,166	442,549	243,166	442,549

Anexo E: Estadística de debilitamiento (min) de la harina zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N. de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	0,04	0,06	0,05	0,06	0,22	0,05
10	0,15	0,11	0,12	0,11	0,49	0,12
20	0,17	0,16	0,21	0,15	0,69	0,17
30	0,21	0,21	0,22	0,21	0,86	0,22
40	0,21	0,20	0,21	0,10	0,72	0,18
Promedio						0,15
Coefficiente de variación (C.V)						18,68
(C.V) Ajustado						14,19

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	4	0,02	20,18	<0,0001
Niveles	0,06	4	0,02	20,18	<0,0001
Error	0,01	15	7,70E-04		
Total	0,07	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	0,05	4	0,01	a
10	0,12	4	0,01	b
20	0,17	4	0,01	b c
30	0,22	4	0,01	b c
40	0,18	4	0,01	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,90482688
Coefficiente de determinación R ²	0,81871168
R ² ajustado	0,79738364
Error típico	0,02807511
Observaciones	20

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
				38,386638	
Regresión	2	0,0605136	0,0302568	4	4,96756E-07
Residuos	17	0,0133996	0,000788212		
Total	19	0,0739132			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior r 95%</i>	<i>Superior r 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	0,0492	0,0132	3,7241	0,0017	0,0213	0,077	0,0213	0,0771
Variable X 1	0,963	0,1565	6,1535	0,0000	0,6328	1,293	0,6328	1,2932
Variable X 2	-1,55	0,3752	-4,1315	0,0007	2,3415	-0,758	-2,3415	-0,7585

Anexo F: Estadística Tiempo de C1: Desarrollo de la masa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	5,87	5,93	0,83	5,87	18,50	4,63
10	1,40	6,13	1,22	1,22	9,97	2,49
20	0,85	1,07	1,02	1,02	3,96	0,99
30	0,78	0,75	0,78	0,75	3,06	0,77
40	0,75	0,72	0,67	0,67	2,81	0,70
Promedio						1,92
Coefficiente de variación (C.V)						81,90
(C.V) Ajustado						26,17

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	45,3	4	11,33	4,6	0,0126
Error	36,9	15	2,46		
Total	82,21	19			

P ≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	4,63	4	0,78	a
10	2,49	4	0,78	a
20	0,99	4	0,78	a
30	0,77	4	0,78	a b
40	0,70	4	0,78	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo G: Estadística Tiempo de C2: Debilitamiento de proteínas de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	16,23	17,15	17,77	16,23	67,38	16,85
10	17,23	17,12	17,03	17,03	68,41	17,10
20	17,68	18,15	17,55	17,55	70,93	17,73
30	17,10	17,17	17,10	17,17	68,54	17,14
40	18,90	18,32	18,03	18,03	73,28	18,32
Promedio						17,43
Coefficiente de variación (C.V)						2,34

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	5,68	4	1,42	8,57	0,0008
Error	2,49	15	0,17		
Total	8,17	19			

$P \leq$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	16,85	4	0,20	a
10	17,10	4	0,20	a
20	17,73	4	0,20	a
30	17,14	4	0,20	a b
40	18,32	4	0,20	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo H: Estadística Tiempo de C3: Gelatinización del almidón de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA	
	I	II	III	IV			
0	21,6	22,52	23,00	21,6	88,72	22,18	
10	23,32	22,67	23,18	23,18	92,35	23,09	
20	23,87	24,12	23,98	23,98	95,95	23,99	
30	23,60	23,15	23,60	23,15	93,5	23,38	
40	23,00	23,00	27,65	27,65	101,3	25,33	
Promedio							23,59
Coefficiente de variación (C.V)							5,31

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	21,82	4	5,46	3,47	0,0338
Error	23,56	15	1,57		
Total	45,38	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	22,18	4	0,63	a
10	23,09	4	0,63	a b
20	23,99	4	0,63	a b
30	23,38	4	0,63	a b
40	25,33	4	0,63	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo I: Estadística Tiempo de C4: Actividad de la amilasa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA	
	I	II	III	IV			
0	31,92	30,87	30,00	31,92	124,71	31,18	
10	29,07	33,10	31,75	31,75	125,67	31,42	
20	30,45	33,03	32,78	32,78	129,04	32,26	
30	30,53	30,68	30,53	30,68	122,42	30,61	
40	30,00	30,00	31,47	31,47	122,94	30,74	
Promedio							31,24
Coefficiente de variación (C.V)							3,48

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles		6,94	4	1,73	1,47 0,2615
Error		17,74	15	1,18	
Total		24,68	19		

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E	Rango
0	31,18	4	0,54	a
10	31,42	4	0,54	a
20	32,26	4	0,54	a
30	30,61	4	0,54	a
40	30,74	4	0,54	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo J: Estadística Tiempo de C5: Actividad de la amilasa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	45,00	45,02	45,00	45,00	180,02	45,01
10	45,02	45,00	45,02	45,02	180,06	45,02
20	45,00	45,02	45,02	45,02	180,06	45,02
30	45,02	45,00	45,02	45,00	180,04	45,01
40	45,02	45,02	44,95	44,95	179,94	44,99
Promedio						45,01
Coefficiente de variación (C.V)						0,05

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	2,50E-03	4	6,20E-04	1,50	0,2520
Error	0,01	15	4,10E-04		
Total	0,01	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGOS DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	45,01	4	0,01	a
10	45,02	4	0,01	a
20	45,02	4	0,01	a
30	45,01	4	0,01	a
40	44,99	4	0,01	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo K: Estadística Estabilidad (min) de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	9,07	9,38	4,72	9,07	32,24	8,06
10	9,22	9,75	9,45	9,45	37,87	9,47
20	7,97	7,38	6,65	6,65	28,65	7,16
30	4,95	5,08	4,95	5,08	20,06	5,02
40	1,62	5,17	1,32	1,32	9,43	2,36
Promedio					128,25	6,41
Coeficiente de variación (C.V)						20,89
(C.V) Ajustado						12,82

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	124,02	4	31,01	17,27	<0,0001
Niveles	124,02	4	31,01	17,27	<0,0001
Error	26,93	15	1,80		
Total	150,95	19			

$P \leq$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	8,06	4	0,67	a
10	9,47	4	0,67	a b
20	7,16	4	0,67	b c
30	5,02	4	0,67	c
40	2,36	4	0,67	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo L: Estadística Hidratación (%) de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N. de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	63,6	63,6	61,6	63,60	252,40	63,10
10	62,80	60,20	61,30	61,30	245,60	61,40
20	62,60	59,90	59,90	59,90	242,30	60,58
30	61,60	61,60	61,60	61,60	246,40	61,60
40	61,60	62,30	62,30	62,30	248,50	62,13
Promedio						61,76
Coeficiente de variación (C.V)						1,46

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	13,95	4	3,49	4,27	0,0167
Error	12,26	15	0,82		
Total	26,21	19			

P≤:presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	63,10	4	0,45	a
10	61,40	4	0,45	a b
20	60,58	4	0,45	a b
30	61,60	4	0,45	a b
40	62,13	4	0,45	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo M: Estadística Par de C1: Desarrollo de la masa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N. de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	1,127	1,089	1,055	1,127	4,398	1,10
10	1,081	1,070	1,106	1,106	4,36	1,09
20	0,901	1,148	1,126	1,126	4,301	1,08
30	1,118	1,101	1,118	1,101	4,438	1,11
40	1,143	1,147	1,127	1,127	4,544	1,14
Promedio						1,10
Coeficiente de variación (C.V)						5,03

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	0,01	4	2,10E-03	0,67	0,6218
Error	0,05	15	3,10E-03		
Total	0,05	19			

P≤:presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	1,10	4	0,03	a
10	1,09	4	0,03	a
20	1,08	4	0,03	a
30	1,11	4	0,03	a
40	1,14	4	0,03	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo N: Estadística Par de C2: Debilitamiento de proteínas de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	0,46	0,44	0,44	0,22	1,57	0,39
10	0,41	0,41	0,42	0,42	1,67	0,42
20	0,25	0,33	0,35	0,35	1,27	0,32
30	0,27	0,24	0,27	0,24	1,01	0,25
40	0,24	0,24	0,23	0,23	0,94	0,23
Promedio					6,45	0,32
Coeficiente de variación (C.V)						17,72
(C.V) Ajustado						8,86

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	0,11	4	0,03	8,3	0,0011
Error	0,05	15	3,30E-03		
Total	0,16	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	0,40	4	0,03	a
10	0,42	4	0,03	a
20	0,32	4	0,03	a b
30	0,25	4	0,03	b
40	0,23	4	0,03	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo O: Estadística Par de C3: Gelatinización del almidón de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	1,58	1,54	0,56	1,58	5,26	1,31
10	1,31	1,37	1,28	1,28	5,24	1,31
20	0,89	0,94	0,96	0,96	3,75	0,94
30	0,72	0,68	0,72	0,68	2,81	0,70
40	0,49	0,49	0,52	0,52	2,01	0,50
Promedio					19,07	0,95
Coeficiente de variación (C.V)						23,76
(C.V) Ajustado						11,85

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	2,09	4	0,52	10,20	0,0003
Error	0,77	15	0,05		
Total	2,86	19			

P≤:presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	1,31	4	0,11	a
10	1,31	4	0,11	a
20	0,94	4	0,11	a b
30	0,70	4	0,11	b
40	0,50	4	0,11	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo P: Estadística Par de C4: Actividad de la amilasa de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N. de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	1,39	1,35	0,54	1,39	4,67	1,17
10	1,13	1,11	1,05	1,05	4,35	1,09
20	0,74	0,84	0,85	0,85	3,28	0,82
30	0,67	0,67	0,60	0,49	2,42	0,61
40	0,71	0,69	0,71	0,71	2,81	0,70
Promedio					17,53	0,88
Coefficiente de variación (C.V)						22,76
(C.V) Ajustado						11,25

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,36	4	0,34	9,34	0,0005
Niveles	1,36	4	0,34	9,34	0,0005
Error	0,55	15	0,04		
Total	1,9	19			

P≤:presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	1,17	4	0,10	a
10	1,09	4	0,10	a
20	0,82	4	0,10	a b
30	0,63	4	0,10	b
40	0,48	4	0,10	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo Q: Estadística Par de C5: Retrogradación del almidón de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	1,91	1,84	0,81	1,91	6,47	1,62
10	1,41	1,50	1,42	1,42	5,75	1,44
20	1,05	1,15	1,13	1,13	4,46	1,11
30	0,94	0,86	0,94	0,86	3,59	0,90
40	0,71	0,69	0,71	0,71	2,81	0,70
Promedio						1,15
Coeficiente de variación (C.V)						21,11
(C.V) Ajustado						10,12

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,47	4	0,12	10,33	0,0003
Niveles	0,47	4	0,12	10,33	0,0003
Error	0,17	15	0,01		
Total	0,65	19			

$P \leq$: presenta diferencias significativas

3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	2,27	4	0,57	9,55	0,0005
Error	0,89	15	0,06		
Total	3,16	19			

$P \leq$: presenta diferencias significativas

4. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	1,62	4	0,12	a
10	1,44	4	0,12	a
20	1,11	4	0,12	a b
30	0,90	4	0,12	b
40	0,70	4	0,12	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo R: Estadística Volumen específico de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	3,78	4,12	4,07	4,09	16,05	4,01
10	3,65	4,23	4,30	4,29	16,48	4,12
20	2,91	3,26	3,48	3,54	13,19	3,30
30	2,96	2,70	2,73	2,82	11,21	2,80
40	1,90	2,30	2,33	2,29	8,82	2,21
Promedio						3,29
Coefficiente de variación (C.V)						6,93

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	10,5	4	2,63	50,56	<0,0001
Error	0,78	15	0,05		
Total	11,28	19			

$P \leq$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	4,01	4	0,11	a
10	4,12	4	0,11	b
20	3,30	4	0,11	b
30	2,80	4	0,11	c
40	2,21	4	0,11	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,92884106
Coefficiente de determinación R ²	0,86274571
R ² ajustado	0,85512047
Error típico	0,29333981
Observaciones	20

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	9,73579449	9,73579449	113,143441	3,42509E-09			
Residuos	18	1,5488684	0,08604824					
Total	19	11,2846629						

	<i>Coefficiente s</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadística t</i>	<i>Probabilidad inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	4,275	0,114	37,625	1,45E-18	4,036	4,513	4,0358
Variable X 1	-4,934	0,464	-10,637	3,43E-09	-5,908	-3,959	-5,9079

Anexo S: Estadística Textura de la harina de zanahoria blanca y su efecto en la calidad del pan.

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

N.de harina de zanahoria blanca (%)	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
0	94,00	94,00	81,00	85,00	354,00	88,50
10	100,00	108,00	86,00	105,00	399,00	99,75
20	176,00	164,00	161,00	136,00	637,00	159,25
30	174,00	198,00	186,00	185,00	743,00	185,75
40	91,00	115,00	125,00	129,00	460,00	115,00
Promedio						129,65
Coefficiente de variación (C.V)						9,80

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V.	S.C	gl	CM	F	p-valor
Niveles	27301,30	4	6825,33	42,28	<0,0001
Error	2421,25	15	161,42		
Total	29722,55	19			

P≤: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Niveles (%)	Medias	n	E.E.	Rango
0	88,5	4	6,35	a
10	99,75	4	6,35	b
20	159,25	4	6,35	b
30	185,75	4	6,35	c
40	115,00	4	6,35	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN

<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coeficiente de correlación múltiple					0,79566184
Coeficiente de determinación R ²					0,63307777
R ² ajustado					0,58991045
Error típico					25,3282733
Observaciones					20

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	18816,6857	9408,34286	14,665672	0,000199012
Residuos	17	10905,8643	641,521429		
Total	19	29722,55			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	73,707	11,919	6,184	1,00E-05	48,561	98,853	48,561	98,853
Variable X 1	701,857	141,184	4,971	1,16E-04	403,984	999,730	403,984	999,730
Variable X 2	-1407,143	338,463	-4,157	6,60E-04	-2121,238	-693,048	-2121,238	-693,048