



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS DE COCCIÓN Y ENFRIAMIENTO EN
PARÁMETROS REOLÓGICOS DE PASTAS ELABORADAS CON TRIGO Y
ALMIDÓN DE MALANGA

ORDOÑEZ ESPINOZA ANGEL ALEMAO
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS DE COCCIÓN Y
ENFRIAMIENTO EN PARÁMETROS REOLÓGICOS DE PASTAS
ELABORADAS CON TRIGO Y ALMIDÓN DE MALANGA

ORDOÑEZ ESPINOZA ANGEL ALEMAO
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EFECTO DE LAS TEMPERATURAS DE COCCIÓN Y ENFRIAMIENTO EN
PARÁMETROS REOLÓGICOS DE PASTAS ELABORADAS CON TRIGO Y
ALMIDÓN DE MALANGA

ORDOÑEZ ESPINOZA ANGEL ALEMAO
INGENIERO EN ALIMENTOS

CUENCA MAYORGA FABIAN PATRICIO

MACHALA, 17 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

Revisión de verosimilitud

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE
INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

2%

2

www.normalizacion.gob.ec

Fuente de Internet

1%

3

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ute.edu.ec

Fuente de Internet

1%

5

doczz.es

Fuente de Internet

<1%

6

Narpinder Singh, Lovedeep Kaur, Kawaljit Singh Sandhu, Jagdeep Kaur, Katsuyoshi Nishinari.

"Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches", Food Hydrocolloids, 2006

Publicación

<1%

7

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ORDOÑEZ ESPINOZA ANGEL ALEMAO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTO DE LAS TEMPERATURAS DE COCCIÓN Y ENFRIAMIENTO EN PARÁMETROS REOLÓGICOS DE PASTAS ELABORADAS CON TRIGO Y ALMIDÓN DE MALANGA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de diciembre de 2020



ORDOÑEZ ESPINOZA ANGEL ALEMAO
0705394781

DEDICATORIA

A mi Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

Dedico este trabajo a mi querida hija Henderly Ordoñez Galarza, a mi amada Esposa Brigitte Galarza Marquez por su amor incondicional y por compartir esta linda experiencia conmigo.

A mi Madre Patricia Espinoza y Hermanos Gianfranco Ordoñez , Victor Álava y las Familias Lomas Marquez, Nagua Salinas y Osorio Avila ,que siempre me brindaron su apoyo en la culminación de esta tesis , que a pesar de las dificultades para lograrlo creyeron en mí.

También a mi recordado Padre Segundo Ordoñez Gonzales, que a pesar de no estar presente, sus enseñanzas y buenos ejemplos influyeron de gran manera para ser mejor persona.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis le agradezco a Dios porque hizo realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Tutor de tesis, Ing. Fabian Cuenca Mayorga por su esfuerzo y dedicación quien, con sus conocimientos, su experiencia, y enseñanzas aportan fundamentalmente para terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores y compañeros de la Unidad Académica Ciencias Química y la Salud porque han aportado para mi formación académica.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo investigativo fue determinar el efecto de las temperaturas de cocción y enfriamiento sobre los parámetros reológicos en pastas con una mezcla de semolina de trigo y fécula de malanga mediante la comparación de cuatro formulaciones de distintas concentraciones. Para evaluar la combinación con mejor comportamiento. La obtención del almidón de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) se realizó por el método húmedo. Las formulaciones analizadas fueron: MC (100 % HT- 0% AM); F1 (95 % HT- 5 % AM); F2 (90 % HT- 10 % AM); F3 (85 % HT- 15 % AM); F4 (80 % HT- 20 % AM); donde HT: Harina de Trigo y AM: Almidón de Malanga. Se determinó los análisis físico-químicos al almidón de *Xanthosoma sagittifolium*, entre ellos: humedad por el método analizador de humedad halógeno; cenizas por el método de la AOAC, 2003; pH y acidez titulable por el método NTE INEN 526 y 521 (2013); la determinación del tiempo óptimo de cocción, pérdida de peso y porcentaje de hinchamiento se lo realizó por el método descrito por metodologías previamente reportadas. Para los análisis reológicos, se utilizó el equipo Mixolab de Chopin; los parámetros fueron C1: desarrollo de la masa; C2 poder de hinchamiento del almidón; C3 gelatinización del almidón; C4: Actividad amilásica; C5: retrogradación. Los Índices de calidad de la masa analizados fueron: absorción de agua (IAA), amasado (IAM), fuerza de gluten (IFG), viscosidad del almidón (IVA), de resistencia a la amilasa (IRA) y retrogradación (IRE). Los valores de cenizas, ph, acidez y humedad fueron 0,4 %; 4,6; 0,007 %; 11,97 %, respectivamente. El tiempo óptimo para la cocción de pastas de las distintas formulaciones osciló entre los 19,9 min a los 18,4 min, mientras que en la muestra control fue de 20,3 minutos. La pérdida de peso y el porcentaje de hinchamiento fueron aumentando a medida que incrementa el porcentaje de sustitución cuyos valores oscilan entre los 5,75 g a los 11, 12 g, y 152,20 % a 252,57 % respectivamente. Se realizó la caracterización reológica donde se determinaron los siguientes parámetros: hidratación (62,2 % a 60,2 %), humedad (13,6 % a 13,2 %) y estabilidad (10,6 min a 8,1 min); hubo tendencias de disminución en todos los parámetros a medida que la sustitución de almidón de malanga aumentaba. C1 presentó valores de 1,10 a 1,05 Nm; C2 de 0,48 a 0,33 Nm; C3 de 1,46 a 1,25 Nm; C4 de 0,89 a 0,70 Nm; y C5 de 1,19 a 0,98 Nm. El índice de calidad de las mezclas estuvo

determinado por las siguientes características: IAA con valores de 8 a 7; IAM de 6 a 2; IFG de 3 a 0,5; IVA de 2 a 2; IRA de 2 a 2; IRE de 2 a 2; los valores obtenidos en algunos parámetros son inversamente proporcionales a la cantidad de sustitución del almidón; mientras que en otros se mantuvieron con las mismas cantidades en las 4 formulaciones. Se llegó a la conclusión que es factible reemplazar la harina de trigo por almidón de *Xanthosoma sagittifolium* hasta en un 20 %; la estructura de las pastas elaboradas con un 30 % de porcentaje de sustitución cambió y de esta manera hubo una desintegración en cuanto a su integridad.

Palabras clave: malanga, almidón, pastas, temperaturas de cocción, parámetros reológicos.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the effect of cooking and cooling temperatures on rheological parameters in pasta with a mixture of wheat semolina and taro starch, by comparing four formulations of different concentrations, to evaluate the combination with the best behavior. The production of taro starch (*Xanthosoma sagittifolium*) was carried out by the wet method. The formulations analyzed were: MC (100% HT- 0% AM); F1 (95% HT-5% AM); F2 (90% HT-10% AM); F3 (85% HT-15% AM); F4 (80% HT-20% AM); where HT: Wheat Flour and AM: Malanga Starch. The physico-chemical characterization of taro starch was determined, among them: humidity by the halogen moisture analyzer method; ash by the AOAC method, 2003; pH and acidity titratable by the method NTE INEN 526, 2013 and NTE INEN 521,203 respectively; the determination of the optimal cooking time, weight loss and swelling percentage was carried out by the method described by (Granito, Pérez, & Valero, 2014). For the rheological analyzes, the Chopin Mixolab equipment was used following the ICC - 173 standard; the parameters were C1: dough development; C2 starch swelling power; C3 gelatinization of starch; C4: Amylase activity; C5: retrogradation. The Quality Indices of the dough analyzed were: water absorption index (IAA), kneading index (AMI), gluten strength index (IFG), starch viscosity index (IVA), amylase resistance index (IRA) and retrograde index (IRE). The ash, pH, acidity and humidity values were 0.4%; 4.6; 0.007%; 11.97% respectively. The optimal cooking time of the formulations ranged from 19.9 min to 18.4 min, while in the control sample it was 20.3 minutes. The weight loss and the swelling percentage increased as the replacement percentage increased, whose values ranged from 5.75 g to 11, 12 g and 152.20% to 252.57% respectively. The rheological characterization was carried out where the following parameters were determined: hydration (62.2% to 60.2%), humidity (13.6% to 13.2%) and stability (10.6 min to 8.1 min), showing a tendency to decrease in all parameters as taro starch substitution increased. The parameters: C1 presented values of 1.10 to 1.05 Nm; C2 from 0.48 to 0.33 Nm; C3 1.46 to 1.25 Nm; C4 from 0.89 to 0.70 Nm; and C5 from 1.19 to 0.98 Nm. The quality index of the mixtures was determined by the following characteristics: IAA with values from 8 to 7; AMI 6 to 2; IFG 3 to 0.5; VAT from 2 to 2; IRA from 2 to 2; IRE from 2 to 2; As can be seen, the values obtained in some parameters are

inversely proportional to the amount of starch substitution; while in others they were maintained with the same amounts in the 4 formulations. It was concluded that it is feasible to replace wheat flour with *Xanthosoma sagittifolium* starch up to 20%; pastes made with 30% change their structure and thus disintegrate easily.

Keywords: taro, starch, pastes, cooking temperatures, rheological parameters

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	6
CAPÍTULO I.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 GENERALIDADES.....	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.5 HIPÓTESIS.....	16
Hipótesis Nula.....	16
Hipótesis Alternativa.....	16
CAPÍTULO II.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Trigo.....	17
2.1.1. Tipos de Trigo.....	18
2.1.2 Botánica.....	18
2.1.3 Clima.....	18
2.1.4 Composición química.....	19
2.2 Malanga.....	20

2.2.1 Tipos de Malanga.....	21
2.2.2 Botánica.....	21
2.2.3 Clima.....	21
2.2.4 Valor nutricional.....	22
2.3 Harina de de trigo.....	22
2.3.1 Categorización de las proteínas.....	24
2.4 Harinas Compuestas.....	25
2.5 Almidón.....	26
2.6 Pastas.....	27
2.7 Reología.....	28
2.7.1 Reología de alimentos	29
CAPÍTULO III.....	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1 Localización.....	31
3.2 Universo y Muestra.....	31
3.3 Obtención del Almidón Nativo de Malanga (Xanthosoma sagittifolium).....	31
3.4 Análisis Físico Químicos del Almidón de Xanthosoma sagittifolium.....	32
Análisis de humedad aplicando el equipo de analizador de halógenos.....	32
Determinación de cenizas por la técnica de calcinación.....	32
Análisis de pH y Acidez titulable.....	33
3.5 Análisis del Perfil Reológico de las Mezclas de Harina - Almidón.....	33
3.5.1 Elaboración de las mezclas.....	33
3.5.2 Diseño Experimental.....	33

3.5.3 Análisis Reológicos.....	34
3.6 Análisis del comportamiento reológico y propiedades de las pastas.....	35
3.6.1 Preparación de las pastas tipo Rigatoni.....	35
3.6.2 Proceso de Elaboración de Pastas Alimenticias.....	36
3.7 Pruebas de cocción de las pastas alimenticias.....	37
3.7.1 Determinación del tiempo ideal para la cocción de las pastas.....	37
3.7.2 Análisis de pérdida de peso de pastas alimenticias.....	38
3.7.3 Análisis del porcentaje de hinchamiento.....	38
CAPÍTULO IV.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1 Pruebas de cocción de las pastas.....	40
4.1.1 Pérdida de Peso.....	41
4.1.2 Porcentaje de Hinchamiento.....	41
4.2 Caracterización reológica de las mezclas.....	42
4.3 Análisis reológicos de las masas mediante el uso del Mixolab.....	43
4.3.1 Índices de calidad de las mezclas.....	45
CAPÍTULO V.....	47
CONCLUSIÓN.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La creciente demanda de alimentos con características nutricionales mejoradas está fomentando una búsqueda continua de materias primas no convencionales y productos novedosos. En este contexto, la pasta es un producto elaborado tradicionalmente a partir de trigo duro, el mismo que se lo conoce a nivel mundial. Este producto ha experimentado un avance en adicionar nuevos ingredientes; entre ellos tenemos: arroz, maíz, pseudocereales, multicéreo, legumbres o enriquecidas con fibra, etc., estos son algunos de los productos de la amplia variedad de pastas secas ya disponibles en el mercado (Hidalgo et al. 2020).

Uno de los productos que el ser humano ingiere a diario y en cantidades importantes son las pastas, estas se encuentran disponibles en las repisas de los mercados, por su bajo costo, mayor vida útil, y fácil preparación (Nilusha , 2019). Tradicionalmente se la prepara a partir de granos que contienen almidón siendo su componente principal, seguido de proteínas, compuestos bioactivos, vitaminas y minerales (Gull et al., 2018).

La FAO creó el término de harinas compuestas en el año 1964, como una alternativa para los países que no cultivan trigo, como acontece a Ecuador y las define como mezclas elaboradas para la preparación de alimentos a base de este cereal como panadería, pastelería, pastas alimenticias, etc; pueden adicionarse ciertos aditivos que cumplan una función técnica determinada. Estas harinas pueden componerse de fuentes de origen vegetal (Torres et al., 2007).

Las harinas compuestas pueden ser de dos tipos: una composición de trigo más otro cereal diferente a este, hasta un cuarenta por ciento, además se puede adicionar otros ingredientes. El segundo tipo de harinas son aquellas que están en ausencia de trigo, se elaboran mediante la mezcla de almidones de tubérculos con soja en pocas cantidades o también se adicionan fuentes de proteínas como suplemento. Existen muchos estudios sobre la obtención de fideos con reemplazo de fécula de trigo con diversos tipos de harina como la de arroz (Marti et al. 2010). Se han elaborado pastas con la inclusión de harina de amaranto y maíz (Chillo et al.,

2007), así como también se ha realizado este producto con soya tostada y harina de triticum durum (Baiano et al., 2011).

El empleo de harinas compuestas para la obtención de productos con excelentes propiedades nutricionales, ofrece un aporte fundamental en el perfeccionamiento de métodos alimenticios enfocados a agrupaciones que tienen poco acceso a alimentos que brinden niveles de nutrientes adecuados (Criollo Feijoo et al., 2017).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el paso de los años la demanda a nivel mundial de productos agrícolas va incrementando, uno de los factores principales es el crecimiento poblacional, por lo tanto es imprescindible desarrollar productos a bajo costo y con excelentes características nutricionales..

A nivel mundial uno de los productos que más se consume son las pastas, por lo que posee muchas ventajas como su precio accesible, vida útil prolongada, versatilidad y variedad de preparación, sin embargo una porción de pasta contribuye con una cantidad considerable de calorías por su alto contenido de carbohidratos y escasa o nula cantidad de nutrientes. Para modificar la parte nutricional de este producto, la industria alimentaria ha tratado de incluir ingredientes que ayuden a mejorar el aspecto nutricional de las pastas; de esta manera también se pretende disminuir la importación de trigo en países donde no se produce este cereal.

El cultivo de trigo en Ecuador hoy en día no satisface el 3 % de la demanda, el motivo de esto es por los bajos precios de las importaciones de este cereal por algunos años, originando la disminución de la producción a nivel del país. La sustitución parcial del trigo por almidón de otras fuentes botánicas, ha permitido la elaboración de un sin número de alimentos con altos valores nutricionales, aportando significativamente la parte nutricional y el estilo de vida del consumidor..

1.3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos tiempos ha existido un progresivo interés en perfeccionar los productos alimenticios en su calidad y valor nutricional. Es por ello que la naturaleza de los ingredientes con los que se elaboran los alimentos, los efectos de cocción en la conservación de compuestos bioactivos y de nutrientes de los alimentos y las distintas etapas de procesamiento son de gran relevancia (Podio et al., et al., 2019).

La pasta, al distribuirse y consumirse en la mayoría de país de todo el mundo, se ha convertido en un importante componente de la dieta diaria, debido a que puede elaborarse con con diferentes harinas, almidones y enriquecerse con diversos nutrientes, aportando mejoras nutricionales a muchas poblaciones (Yadav & Gupta, 2015).

Los almidones obtenidos a partir de tubérculos y raíces que son empleados para la creación de nuevos productos o para elaborar productos similares a los que están en el mercado son considerados como una nueva alternativa para sustituir otras harinas además que este crecimiento ayudan a promover e incentivar la utilización y cultivo de estas materias primas (Pacheco & Techeira, 2009). La extracción de almidones derivados de tubérculos es más sencilla que la obtención de almidones provenientes de cereales (Torres et al. et al., 2013).

Mundialmente, la industria alimentaria enfocada a la obtención de almidón, se ha restringido únicamente a materias primas tradicionales como trigo, papa, arroz, etc. Se han realizado varios estudios de productos industrializados a los cuales se les ha incorporado almidones de tubérculos y raíces nativos de cada región. De esta manera, el incremento de la industrialización de tubérculos convierte a la *Xanthosoma sagittifolium* en una importante fuente de almidón, ya que posee un excelente porcentaje de hidratos de carbono, por tal razón se puede utilizar este tubérculo para la elaboración de un sin número productos (Nguimbou et al., et al., 2012).

Desde hace varios años, la siembra de malanga ha sido sostenida en Ecuador, siendo la provincia de Santo Domingo la principal zona que se dedicó al cultivo de esta materia prima con fines de exportación. El principal destino de este tubérculo es Estados Unidos;; en el año 2016 hubo una facturación de 700 000 cajas (Revista Revista Líderes, 2017).

1.4 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de las temperaturas de cocción y enfriamiento sobre los parámetros de pastas elaboradas con una mezcla de sémola de trigo (*Tritium durum*) y almidón de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), mediante la comparación de cuatro formulaciones a distintas concentraciones para evaluar la combinación con mejor comportamiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener almidón nativo de Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), a través del método húmedo.
- Caracterizar mediante análisis físico-químico al almidón nativo del tubérculo de Malanga.
- Analizar el perfil reológico de las cuatro formulaciones establecidas con los diferentes porcentajes de sustitución de almidón de malanga.
- Valorar el efecto de la adición del tubérculo *Xanthosoma sagittifolium*, en la preparación de las pastas alimenticias, sobre las pruebas de cocción y el perfil reológico.

1.5 HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

H01: Bajos porcentajes de almidón nativo de *Xanthosoma sagittifolium* en la producción de pastas alimenticias no influyen significativamente ($p \geq 0,05$) en las temperaturas de cocción y enfriamiento.

H02: Bajos porcentajes de almidón nativo de malanga en la preparación de pastas alimenticias no influyen significativamente ($p \geq 0,05$) sobre los parámetros reológicos.

Hipótesis Alternativa

H1: Bajas cantidades de almidón de malanga en la preparación de pastas alimenticias influyen significativamente ($p \leq 0,05$) en las temperaturas de cocción y enfriamiento.

H2: Bajas cantidades de almidón de malanga en la preparación de pastas alimenticias influyen significativamente ($p \leq 0,05$) sobre los parámetros reológicos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Trigo

El trigo, cuyo nombre científico es *Triticum*, se originó en el valle del Río Tigris y el Río Éufrates. Se han exhumado tumbas egipcias de 5000 años de antigüedad que contienen *ivum L.*, es considerado como uno de los primeros cultivos que el ser humano realizó; se jeroglíficos que representan la cosecha y el procesamiento del trigo. Debido a la versatilidad de preparar varios alimentos, el trigo se ha convertido en una parte fundamental en la dieta humana (Finnie & Atwell, 2016).

Alrededor del mundo este cereal es considerado como un cultivo muy significativo, representando la principal fuente de ingresos para millones de agricultores de todo el mundo. Una de las características importantes del trigo son sus propiedades viscoelásticas únicas en su masa. Este cereal proporciona a la población mundial más calorías y proteínas en comparación a otros productos alimenticios agrícolas (Peña-Bautista, 2017).

La estructura del trigo es importante porque determina el comportamiento del grano durante el procesamiento. En la etapa de “molienda”, el grano se separa automáticamente en algunos componentes debido a su estructura. El molinero debe separar claramente las capas externas del grano y el embrión del endospermo con almidón para producir un alto rendimiento de harina blanca. La variación en la dureza del grano (característica estructural y bioquímica) afecta el rendimiento de la harina, la cantidad de almidón dañado y los requisitos de energía, así como muchos otros factores.

Muchos elementos estructurales que se establecen o alteran durante el desarrollo y la cosecha del grano afectan las propiedades de uso final. Una cáscara muy adherida puede dañar el embrión y la parte externa de la cariósida durante la trilla. Estos cambios podrían provocar una germinación reducida, una capacidad de almacenamiento deteriorada y una mayor susceptibilidad a los insectos y hongos (Khan & Shewry, 2009).

El componente principal para la obtención de harina refinada es el endospermo, esta harina es ampliamente utilizada para elaborar una gran variedad de productos alimenticios. La

utilización de harina refinada en comparación con la harina integral es mayor debido a sus propiedades tecnológicas y el sabor de los productos derivados suele tener mayor aceptación por parte del consumidor (Hernandez-Espinosa et al., et al., 2020).

2.1.1. Tipos de Trigo

El primer tipo de trigo que fue cultivado es el *einkorn* (*Triticum monococcum*), un trigo diploide que contiene 7 pares de cromosomas. Años posteriores se desarrolló un trigo tetraploide de 28 cromosomas conocido como *emmer* (*Triticumriticum dicoccum*) cultivado ampliamente en el Medio Oriente. Hoy por hoy estos dos tipos de trigo aún son cultivados y se los conocen como granos antiguos. En la actualidad para la elaboración de pasta se utiliza el trigo duro, el mismo que es tetraploide. Para la fabricación de varios productos a base de masas sólidas y líquidas se lo realiza con trigo blando, siendo este hexaploide, tiene tres pares de cada uno de los siete cromosomas básicos (Finnie & Atwell, 2016).

El trigo duro (*Triticum durum*) es el más duro entre las variedades de trigo cuando se muele produce una partícula gruesa conocida como sémola, que es ideal para hacer pasta debido a su dureza, color amarillo intenso y sabor a nuez con buena calidad de cocción (Ogawa & Adachi, 2017).

2.1.2 Botánica

El trigo se deriva del Latín *Triticum* que significa fraccionado, partido o triturado, haciendo referencia a sus semillas como a la planta y a la transformación que sufre al separarse la semilla de la cáscara (Juárez et al. et al., 2014).

El trigo es una planta herbácea, formada por nudos y entrenudos, posee un tallo rígido cuya forma es cilíndrica. Sus hojas nacen de los nudos tienen de 15 cm - 25 cm de largo y aproximadamente de 0,5 cm - 1 cm de ancho. La altura del trigo oscila entre los 30 a 180 cm. El grano está compuesto por endospermo y embrión, además tiene una fisura longitudinal en el centro (De la Horra et al.et al., 2012).

2.1.3 Clima

El clima recomendable para que el trigo se desarrolle y tenga un buen crecimiento es a una temperatura de 25 °C; también requiere temperaturas mínimas y máximas de 3°C a 4 °C y de 30°C a 32 °C para su crecimiento (Tashiro & Wardlaw, 1990). Los cultivos de trigo se verán afectados por los cambios elevados de temperatura, constituyéndose como unos de los factores de mayor impacto en su productividad. Hoy en día se considera que dentro de 10 años este cereal será uno de los cultivos con mayores afectaciones por estrés térmico, debido principalmente a la correlación entre el rendimiento y el número de períodos de frío que requiere el trigo (Argente Martínez et al., et al., 2017)

2.1.4 Composición química

El 70 % de los carbohidratos presentes en el trigo son fáciles de digerir, por tal motivo este cereal es calificado como un alimento energético, así mismo posee una fuente importante de proteínas y aminoácidos. En la tabla 1 se detalla los componentes y cantidades que están presentes en el trigo.

Tabla 1: Composición nutricional del trigo

Nutrientes	Cantidad
Humedad 14,2	14,2 g
Proteínas	13,0 g
Carbohidratos totales	69,6 g
Extracto etéreo	1,7 g
Fibra	2,9 g
Ceniza	1,5 g
Calcio	54,0 g
Tiamina	0,56 mg
Riboflavina	0,05 mg
Niacina	4,96 Mg

Caroteno	0,01 Mg
Hierro	3,7 Mg
Fósforo	340 Mg
Energía	354 Cal

Fuente: (Torres et al., et al., 1999)

2.2 Malanga

La malanga (*Xanthosoma sagittifolium Schott*) es procedente de la región del Caribe y América Central inclusive el norte de Brasil, forma parte de la familia de las Aráceas ; es un tubérculo nutritivo, de forma ovoide-redonda. El contenido de almidón de este tubérculo oscila del 30 % al 85 % en base seca, proteínas de 1,4 % a 7 %, la cantidad de fibra presente esta de 0,6 % a 0,8%, además contiene vitaminas, fósforo y calcio (Rodríguez et al. et al., 2011).

La *X. sagittifolium Schott* son tubérculos que se los consume generalmente como verdura hervida semejante a las papas (*Solanum tuberosum L., Solanaceae*) posee un alto contenido de almidón en su raíz y alto valor nutricional, cultivado en zonas tropicales (Arano-Avalos, Gómez-Merino, Mancilla-Álvarez, Sánchez-Páez, & Bello-Bello, 2019). Entre otros usos que se le da a la malanga es la de producción de harina, espesante de sopas, bebidas, etc. El consumo de este tubérculo pudo suceder en diferentes zonas, el modo de consumirlo fue variado, entre ellos estaba asar o cocinar los cormos, de esta manera se excluían las saponinas, sustancias irritantes y los cristales de oxalato de calcio. Los tubérculos de malanga son utilizados como alimento funcional para ayudar en el desarrollo infantil durante la separación de la leche materna y disminuir los síntomas de gastritis en la edad adulta, además que son fáciles de digerir (Graf, Zhang, Corradini, Kuhn, & Newman, 2018).

Han sido escasos los esfuerzos por industrializar este tubérculo y diversificar su uso, así como ha pasado con otros cultivos, que no le ha dado la suficiente importancia para darles valor agregado. Puerto Rico ha realizado algunos ensayos utilizando la malanga como materia prima para la preparación de chips, obteniendo resultados muy satisfactorios. Tomando en cuenta la gran variedad de productos que se han desarrollado con el taro, se

podría pronosticar que con el aprovechamiento de la malanga y la utilización de tecnología, se lograría obtener un sin número de productos industriales (FAO, 2009).

2.2.1 Tipos de Malanga

La malanga agrupa algunos géneros entre ellos está: El Género *Colocasia* que es procedente del sur del continente Asiático incluyendo el noroeste de África para implantarse en América; esta variedad contiene seis especies como cultivo especie *Colocasia Antiquorum* (Revelo Hinojosa, 2005). El género *Xanthosoma* es originario de América (Antillas), particularmente crecen en los trópicos de América Latina, incluyen treinta y ocho especies. La especie *Xanthosoma Sagittifolium Schott* fue la que fue la que alcanzó la mayor difusión, esta especie fue transportada por los indios radicados en el continente americano mucho tiempo antes de que Cristóbal Colón descubriera este continente (Rodríguez Miranda et al., 2011).

2.2.2 Botánica

La malanga es una herbácea perenne compuesta de raíz por donde nacen dos rizomas el principal que corresponde al tallo y el rizoma secundario que crece por los costados. Las penetraciones que alcanzan la raíz de este tubérculo no exceden los 50 cm de profundidad. Tiene un tallo principal subterráneo en forma de rizoma, en donde se reservan los nutrientes y agua. Del tallo salen unas bifurcaciones que forman unos tubérculos, su superficie está abierta; en la parte inferior de esta se encuentra el fruto que es de color blanco. El tallo subterráneo central de la planta crece de forma vertical, de él brotan los cormos, el componente mayoritaria de estas partes es el almidón que puede llegar a tener el 80 por ciento del total de la materia seca (Agama-Acevedo et al., 2011). Las hojas nacen del tallo principal son grandes, rectas, sagitadas con extensos peciolo, poseen una superficie lisa; cuando las nuevas hojas crecen estas se ubican en el centro y las hojas antiguas ocupan la parte externa, las mismas que al secarse se van cayendo. El florecimiento de la malanga es muy escasa, las flores nacen entre las hojas en espádice; estos espádices son ocasionalmente fructíferos originando escasas semillas viables. El ciclo de crecimiento de la malanga es de nueve a once meses; en los seis meses iniciales nacen los cormos y hojas; en los meses

restantes la frondosidad de la planta se mantiene sólida, cuando empieza a secarse está lista para su recolección (FAO, 2009).

2.2.3 Clima

Las *Xanthosoma sagittifolium* Schott son tubérculos que se desarrollan en la selva tropical, sin embargo a pesar de que crecen bajo el dosel del bosque, se los puede sembrar en lugares donde la exposición del sol es directa. Estas plantas no pueden estar en constante presencia de agua, además que necesitan que las tierras estén bien drenadas. Requieren temperaturas superiores a los 20 °C para que su crecimiento sea óptimo (De Oliveira et al., 2012).

2.2.4 Valor nutricional

Debido al diminuto tamaño del gránulo de almidón de malanga, este tubérculo es rico en almidón digestible (Ojinnaka et al., 2009). En la siguiente tabla se observa el valor nutricional de la *Xanthosoma sagittifolium* Schott.

Tabla 2: Composición nutricional de la Malanga (*Xanthosoma Sagittifolium Schott*)

Componentes	Cantidad
Proteína	2,50 g
Humedad	70, 59 g
Fibra	0,21 g
Ceniza	1,67 g
Grasa	0,0 g
Carbohidratos	25, 02 g
Calorías	110,1 Kcal
Vitamina A	1665,03 UI/100g
Vitamina B ₂	0,88 mg/100g
Hierro	14,88 mg/kg

Fuente: (Obando, 2009)

2.3 Harina de de trigo

Según el CODEX, 2019, se define a esta harina como el producto derivado de los partículas de trigo, *Triticum aestivum L.*, *compactum Host.*, o mezclas de ellos a partir del quebrantamiento o pulverización de este cereal, en donde se separa el salvado del grano, el sobrante es triturado obteniendo un nuevo producto (harina).

La harina proveniente de este cultivo tiene componentes que facilitan la formación de masa (gluten-proteína), al mezclarla con agua en proporciones adecuadas genera una masa firme y elástica, cuando se la manipula con la mano brinda una ligera resistencia, permite moldear con facilidad, y además soporta la presión de los gases que son producidos en la etapa de fermentación, obteniendo una masa con gran volumen (De la Horra et al., 2012).

Conjuntamente con los requisitos físico-químicos la harina de este cereal debe estar exenta de los peligros físicos, químicos o biológicos, para no alterar la inocuidad del producto; así mismo no debe tener olores ni sabores extraños (INEN, 2015).

Parámetros físicos y químicos

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos.

Requisitos	Unidad	Pastificio	Panificación	Pastelería y panadería	Auto-leudante	Integral	Para todo uso	Método de ensayo
Humedad, Maximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	14,5	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*mínimo	%	10,5	10	7	7	11	9	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	2,0	0,8	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	NTE INEN 521
Gluten húmedo, mínimo	%	28	28	20	20	-	25	NTE INEN-ISO 21415 o NTE

								INEN-ISO 21415-2
Grasa (materia seca), máximo	%	2	2	2	2	3	2	NTE INEN-ISO 11085 AOAC 2003.06**
Tamaño de partícula Pasa por un tamiz de 212 µm, mínimo	%	95						NTE INEN 517
*Factor de conversión de nitrógeno a proteína para trigo $W_N \times 5,7$ **Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad								

Fuente: (INEN, 2015)

2.3.1 Categorización de las proteínas

La clasificación de este componente presente en la harina puede ser por su solubilidad y su funcionalidad. En función de su solubilidad, se da por una secuencia de extracciones con: agua, soluciones de alcohol, sal diluida y de ácidos diluidos. Mediante este proceso de disociación las proteínas se dividen en globulinas, albúminas, gluteninas y gliadinas (Goesaert et al., 2005).

Tabla 3: Proteínas con su respectiva función

Fracción Osborne	Comportamiento en solubilidad	Composición	Papel biológico	Papel funcional
Albúminas	Extraíbles en agua	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Globulina	Extraíbles en sales diluidas	Proteínas no del gluten (principalmente monoméricas)	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Gliadinas	Extraíbles en soluciones de alcohol	Proteínas del gluten (principalmente gliadina monoméricas y	Proteína de almacenamiento de la semilla tipo	Viscosidad a la masa / extensibilidad

		poliméricas de gluteninas de bajo peso molecular)	prolaminas	
Gluteninas	Extraíbles en ácido acético diluido	Proteínas del gluten (principalmente polímeros de glutenina de alto peso molecular)	Proteínas de almacenamiento de la semilla, tipo prolamina	Elasticidad a la masa / tenacidad
Residuo	Sin extraer	Proteínas del gluten (polímeros de alto peso molecular) y proteínas no del gluten poliméricas (triticinas)	Proteínas de almacenamiento de la semilla, tipo prolamina (gluten) y tipo globulinas (triticinas)	Variable

Fuente: (Goesaert et al., 2005)

Según su funcionalidad se diferencian 2 grupos de proteínas presentes en el trigo. Proteínas que forman parte del gluten que son muy importantes para la preparación del pan y; el otro grupo de proteínas son las que no forman parte del gluten cumpliendo un papel inferior en la producción del pan, estas proteínas constituyen entre el quince y veinte por ciento de la proteína total del grano de trigo, se localizan en la parte externa y en pocas cantidades en el endospermo (Shewry & Halford, 2002).

2.4 Harinas Compuestas

La FAO “2002” define a las harinas mixtas como composiciones realizadas a partir de la fécula de trigo para la preparación de productos de repostería, etc. Este tipo de harinas compuestas se dividen en dos clases; la primera en donde a la fécula de trigo se le incorpora con otros almidones hasta un cuarenta por ciento. La segunda división de harinas compuestas es la que únicamente se utilizan harinas de tubérculos, harina de soya u otro tipo de proteínas a excepción de la harina de trigo. Los productos obtenidos a base de harinas compuestas difieren en sus características reológicas comparándolos con alimentos preparados sólo con fécula de trigo. La intención de sustituir la harina de este cereal de forma parcial o total con harinas provenientes de tubérculos u otros cereales es para perfeccionar el valor nutricional de los productos a elaborar, además estas mezclas pueden ser utilizadas como suplementos

alimenticios, los mismos que aportarán con las siguientes características: Ser fuente de nutrientes y no variar las propiedades físicas y organolépticas de un producto (Awolu, 2017)

2.5 Almidón

Desde hace varios años, el almidón ha sido considerado como fuente primaria que aporta energía al ser humano, además que ha sido un producto que el hombre desde sus inicios lo consumía. Con el surgimiento de la industria alimentaria el uso de almidones se intensificó, diseñando nuevos productos a base de esta materia prima; es el carbohidrato más importante debido a sus diversas aplicaciones en el desarrollo de alimentos, además que posee características nutricionales significativas (Parada & Santos, 2018).

Los hidratos de carbono son macromoléculas formadas por $C_6H_{10}O_5$. La estructura morfológica del grano está relacionada al entorno climático, así como a su especie botánica. Para determinar la fuente del que procede el almidón, se lo hace a través de varias técnicas microscópicas (Badui, 2006).

La amilosa cuya estructura es lineal y la amilopectina que es ramificada, son los dos componentes fundamentales del almidón. Estas estructuras (lineal y ramificada) juegan un papel importante en el almidón y sus derivados. A nivel industrial la cantidad de amilosa/amilopectina puede ser modificado de manera genética, física y químicamente con el objetivo de cambiar las características innatas como: gelatinización, solubilidad, viscosidad, estabilidad del gel, textura y retrogradación (Lin et al., 2018).

La cantidad de amilosa presente en el almidón desempeña un rol fundamental en la digestibilidad de los productos elaborados, varios documentos concluyeron que los almidones que tienen una cantidad inferior de amilosa son más fáciles de digerir que aquellos que tienen un elevado contenido (Riley et al., 2006).

El porcentaje de almidón que posee la malanga supera el 80 %, por tal motivo es considerado como un alimento que puede reemplazar a otras materias primas tradicionales para la elaboración de productos (Vázquez López, 2013).

2.6 Pastas

Según la INEN, 2014,, denomina a las pastas con un producto que no ha sido fermentado, que se lo obtiene a partir de agregar agua potable a la sémola de trigo durum hasta formar una masa; y que después pasa por un proceso de laminado y finalmente pasa a la etapa de secado.

TABLA 4. Consideraciones fisicoquímicas para fideos secos

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Humedad	%	-	14,0	NTE INEN-ISO 712
Cenizas*				
Sémola de trigo duro		-	1,30	
Harina de trigo		-	0,85	
Mezcla de sémola de trigo y harina de trigo	%	-	0,98	
Compuesto con huevo		-	2,10	NTE INEN- ISO 2171
con vegetales		-	1,20	
con gluten u otra fuente proteica		-	1,50	
Relleno		-	1,10	
		-	2,60	
Proteína				
Sémola de trigo duro y harina de trigo		10,5	-	
Mezcla de sémola de trigo duro y harina de trigo	%	10,5	-	
Sémola integral de trigo duro o harina integral de trigo		11,5	-	NTE INEN-ISO 20483
Compuestos		12,5	-	
con huevo		10,0	-	
con vegetales		18,0	-	
con gluten u otra fuente proteica		12,0	-	
Relleno				

Acidez, expresada como ácido sulfúrico	%	-	0,45	NTE INEN 521
colesterol ** en base seca	mg/kg	150	-	AOAC 994, 10***
<p>*Expresado en fracción de masa en base seca, en porcentaje **Requisito solo para pastas alimenticias o fideos en los que durante el proceso se han incorporado huevos frescos, enteros congelados o deshidratados. ***Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.</p>				

Fuente: (INEN, 2014)

Los espaguetis, lasaña, los linguini y los fideos son ejemplos de productos de pasta conocidos como "productos largos". Los macarrones, *rigatoni*, *ziti* y *penne* son ejemplos de "productos cortos". Todos estos productos son extruidos e idénticos en formulación, aunque tienen muchas formas y tamaños. Las fórmulas que se utilizan para producir la pasta tradicional son simples, por lo general consisten solo en sémola, agua y posiblemente enriquecimiento. Como ocurre con todos los productos a base de trigo, el número de productos de pasta ha experimentado una proliferación muy significativa en los últimos años. Los productos con un enfoque en la salud, como la pasta de trigo integral, ahora están comúnmente disponibles en el mercado (Finnie & Atwell, 2016).

2.7 Reología

La reología se encarga de estudiar el flujo y el cambio que sufre la materia. El flujo es considerado como un caso exclusivo de deformación. El objetivo de la reología es conocer el comportamiento viscoelástico no lineal de los materiales en el estado de flujo, la dependencia entre la tensión y la estructura / deformación del material, y otras propiedades físicas y químicas (Daubert & Foegeding, 2010). Los fluidos fluyen a cierta velocidad y los sólidos pueden deformarse hasta cierto punto. Los reólogos estudian el flujo y la deformación de los materiales como una propiedad Reológica (Wang et al. 2019).

Para comprender las propiedades reológicas, es muy importante comprender las propiedades generales del flujo y deformación de los materiales. Todos los materiales están compuestos por moléculas que difieren significativamente en tamaño y propiedades. Los materiales fluidos no pueden resistir ninguna tendencia de un esfuerzo cortante aplicado a cambiar su

forma. Durante el movimiento, estas moléculas y partículas se ven obligadas a moverse unas con otras y exhiben una resistencia al flujo causada por la fricción interna. Por tanto, la distribución de moléculas de diferentes tamaños en el líquido imparte diferentes viscosidades. De manera similar, la deformación en los sólidos también ocurre contra una fuerza aplicada. Tratemos de comprender el comportamiento simple de flujo y deformación (Rao, 2007).

2.7.1 Reología de alimentos

La cantidad de alimentos disponibles en el mercado se encuentran en forma de geles, por ejemplo, yogur, mayonesa, natillas, salsas, etc., lo que los convierte en una buena representación de los productos alimenticios disponibles comercialmente. Por lo tanto, la mayoría de los sistemas alimentarios prototípicos comunes que se utilizan para estudios de investigación son emulsiones, geles / hidrogeles, geles fluidos, geles rellenos de emulsión, etc. Dado que el mecanismo de gelificación de los biopolímeros (compuestos de proteínas, polisacáridos y combinaciones) es considerablemente conocido, los geles de biopolímero pueden considerarse como un sistema modelo adecuado, en este marco, para vincular las propiedades reológicas con la estructura y textura de los alimentos (Upadhyay & Chen, 2020).

Los alimentos y las bebidas a menudo contienen una gran cantidad de ingredientes y entidades estructurales que dan como resultado una respuesta reológica compleja, que juega un papel clave en todas las facetas del procesamiento de alimentos, la estabilidad del producto y el consumo (Selway & Stokes, 2014). Un objetivo principal de la investigación alimentaria es comprender los vínculos entre los comportamientos reológicos de los alimentos y las texturas sensoriales. El análisis sensorial es el estándar de oro para determinar la textura de los alimentos (Lawless & Heymann, 2010).

Por lo tanto, los científicos de alimentos utilizan la reometría para proporcionar aproximaciones instrumentales de las medidas de textura. La reometría, que mide cómo fluyen, deforman y fracturan los materiales, proporciona información cuantitativa sobre las propiedades mecánicas de los alimentos que se puede utilizar para indicar texturas sensoriales y seleccionar muestras para una evaluación de panel capacitado (Joyner, 2018). Basada en la mecánica elástica y la mecánica de fluidos, la reología se aplica principalmente a la teoría

viscoelástica lineal, estudios de las características viscoelásticas de los alimentos en un rango de deformación pequeño y su patrón cambiante, y mide la respuesta reológica de los alimentos como una propiedad física clara en el caso de deformación. La reología de los alimentos se enfoca en las propiedades físicas de los productos alimenticios, utiliza un modelo matemático para estudiarlos cuantitativamente y determinar las propiedades cualitativas significativas, como la textura de los alimentos (Wang et al., 2019).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

La realización de la investigación experimental de pastas preparadas con sustitución parcial de harina de trigo por almidón de malanga, se llevó a cabo en los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la provincia de El Oro.

3.2 Universo y Muestra

Los tubérculos de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), fueron adquiridos en el cantón Pucará en el sitio San Rafael de Sharu, en temporada lluviosa a una altitud de 2400 m.s.n.m a una temperatura de 10 °C y HR de 60% y el Triticum Durum se lo adquirió en la fábrica “Molinos San Luis”, situada en la ciudad de Carchi y el resto de ingredientes que forman parte de las pastas fueron adquiridos en la ciudad de El Guabo las muestras se seleccionaron de forma aleatoria .

3.3 Obtención del Almidón Nativo de Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*)

La extracción del almidón nativo de Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), se lo realizó por el método húmedo planteado por (Badui, 2006) a escala piloto. Se trabajó con 50 Kg de este tubérculo, se procedió a desinfectar, se le quitó la corteza y se fraccionó en rodajas de un centímetro de espesor, e inmediatamente se las sumergió en una dilución de ácido cítrico al 2 % (m/v). Se realizó el licuado en húmedo utilizando una licuadora semi-industrial durante 3 minutos a velocidades bajas. El licuado se lo pasó a través de un liencillo. El residuo obtenido de la filtración se lo lavó hasta no tener trazas aparentes de almidón. Lo obtenido de la filtración se lo dejó reposar por 24 horas para que el sólido precipitara. El sedimento obtenido corresponde al almidón, el mismo que fue colocado en bandejas para su posterior secado utilizando una estufa a una temperatura de 57 °C durante 6 horas. El producto obtenido después de la estufa fue triturado y cribado por un tamiz de 0.25 mm.

3.4 Análisis Físico Químicos del Almidón de *Xanthosoma sagittifolium*

Para la determinación de los análisis físico- químicos del almidón, se realizaron los análisis por triplicado por cada formulación establecida.

- **Análisis de humedad aplicando el equipo de analizador de halógenos**

Para la determinación de humedad se empleó un analizador de halógenos modelo MB90/120, la temperatura de este equipo oscila desde los 40 y 160 °C, la fuente calorífica que se emplea es el halógeno; presenta un porcentaje de error de 0,01% de humedad. Se aplicó el método definido por Mettler-Toledo, (2015), en el platillo del analizador se colocó 0,5 a 1 g de almidón de malanga, posteriormente empieza el proceso de secado (se calienta con la lámpara halógena). En la memoria del equipo se guarda consecutivamente la pérdida de peso y el secado finaliza una vez definido. Al finalizar este paso, por diferencia de peso se obtiene automáticamente la cantidad de humedad presente en el almidón.

- **Determinación de cenizas por la técnica de calcinación**

Este análisis se ejecutó a través del procedimiento de la (AOAC, 2003), se pesó en crisoles 5 g de muestra, después se colocó en una mufla para ser calcinada empleando temperaturas de 550 °C ± 3° C por 3 horas hasta alcanzar peso constante. Posteriormente se dejó enfriar la muestra en un desecador hasta obtener 25°C. Se utilizó la siguiente ecuación para determinar el porcentaje de cenizas:

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

A: Peso del crisol de porcelana con muestra (g)

B: Peso del crisol con cenizas (g)

C: Peso de la muestra (g)

- **Análisis de pH y Acidez titulable**

Para la realización de los análisis se lo hizo en cada una de las distintas formulaciones planteadas, se aplicó los pasos mencionados en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 526 y 521 (2013)

3.5 Análisis del Perfil Reológico de las Mezclas de Harina - Almidón

3.5.1 Elaboración de las mezclas

Para la elaboración se utilizó 4 formulaciones, se incorporó a la harina de trigo distintos porcentajes de almidón (5, 10, 15 y 20 %), para realizar las comparaciones se lo hizo con la muestra patrón con 100 % de fécula de trigo. La mezcla total fue de 250 g por cada formulación realizada. Las unidades experimentales a ser analizadas fueron:

Tabla 5. Mezclas harina de trigo durum/almidón de malanga

FORMULACIONES	MEZCLAS (%)
MC	100 HT / 0 AM
F1	95 HT / 5 AM
F2	90 HT /10 AM
F3	85 HT /15 AM
F4	80 HT / 20 AM

MC:Muestra Control
HT: Harina de Trigo
AM: Almidon de Malanga

3.5.2 Diseño Experimental

Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó un diseño factorial, cuyo factor estudiado fue la sustitución de almidón de malanga (5, 10, 15 y 20 %) por harina de trigo en la elaboración de pastas alimenticias. Las variables evaluadas fueron pruebas de cocción (tiempo de cocción, pérdida de peso y porcentaje de hinchamiento) y análisis reológicos. Cada parámetro se realizó por triplicado, los valores obtenidos se los expresó como la media,

+/- su desviación estándar; se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para la comparación múltiple, el nivel de significancia fue de $p \leq 0,05$. Se trabajó con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.

3.5.3 Análisis Reológicos

La realización de los análisis reológicos se los llevó a cabo en la UTA, en la infraestructura de LACONAL, para ello se empleó el Mixolab Chopin bajo la norma ICC- 173, así como también se siguió con los pasos establecidos por (Contreras Dioses et al., 2017) y (Quezada Correa et al., 2019). Se utilizaron 75 g por cada mezcla a analizar; en este análisis las mezclas de harinas tienen que pasar por 5 parámetros los cuales son: C1 (tiempo de amasado y comportamiento de la masa), C2 (calidad proteica), C3 (gelatinización del almidón), C4 (actividad amilásica) y C5 (retrogradación del almidón), además de analizarse la absorción de agua que se necesita para que la masa se pueda desarrollar (%), así como las estabilidad de la masa (min) (Acurio et al., 2018). En este equipo también se evaluaron los índices de calidad de la masa: índice de absorción de agua, de amasado, fuerza de gluten, viscosidad, resistencia a la amilasa y el de retrodegradación. Los resultados de estos parámetros se los representa mediante un gráfico obtenido del Mixolab, como se establece en la figura 1.

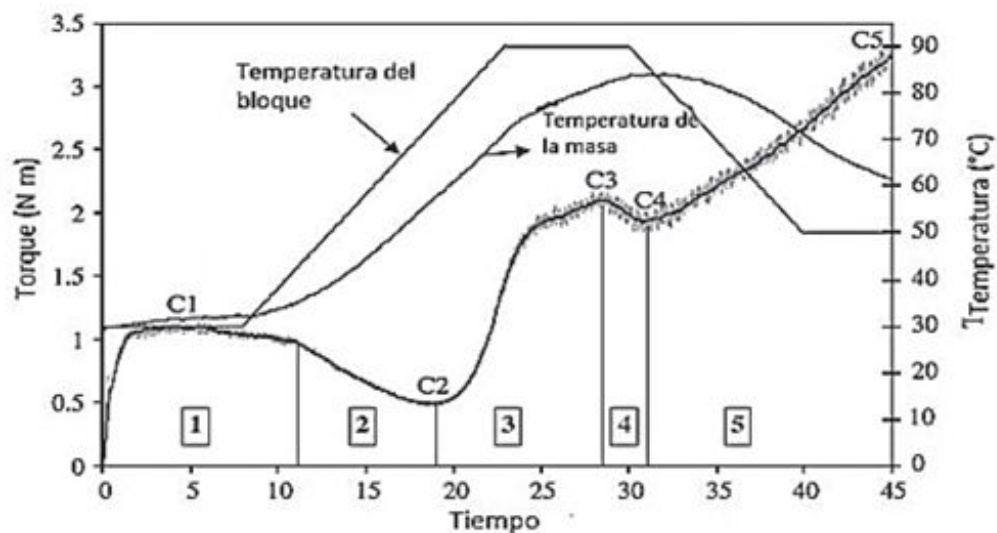


Figura 1: Curva estándar de Mixolab de Chopin
Fuente: (Contreras Dioses et al., 2017)

3.6 Análisis del comportamiento reológico y propiedades de las pastas

3.6.1 Preparación de las pastas tipo *Rigatoni*

Mediante el uso de una extrusora cuya capacidad va desde los 300 a 600 g y siguiendo las indicaciones de la INEN 1375,2014; se elaboraron las pastas alimenticias, los porcentajes de agua, huevo y sal se mantuvieron sin variaciones. Las formulaciones establecidas se aprecia en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Formulaciones para la producción de las pastas alimenticias

COMPONENTES	FORMULACIONES				
	F1	F2	F3	F4	MC
Harina de trigo (%)	64.3	59.3	54.3	49.3	69.3
Almidón de Malanga (%)	5	10	15	20	0
Huevo (%)	4	4	4	4	4
Agua (%)	26	26	26	26	26
Sal (%)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

3.6.2 Proceso de Elaboración de Pastas Alimenticias

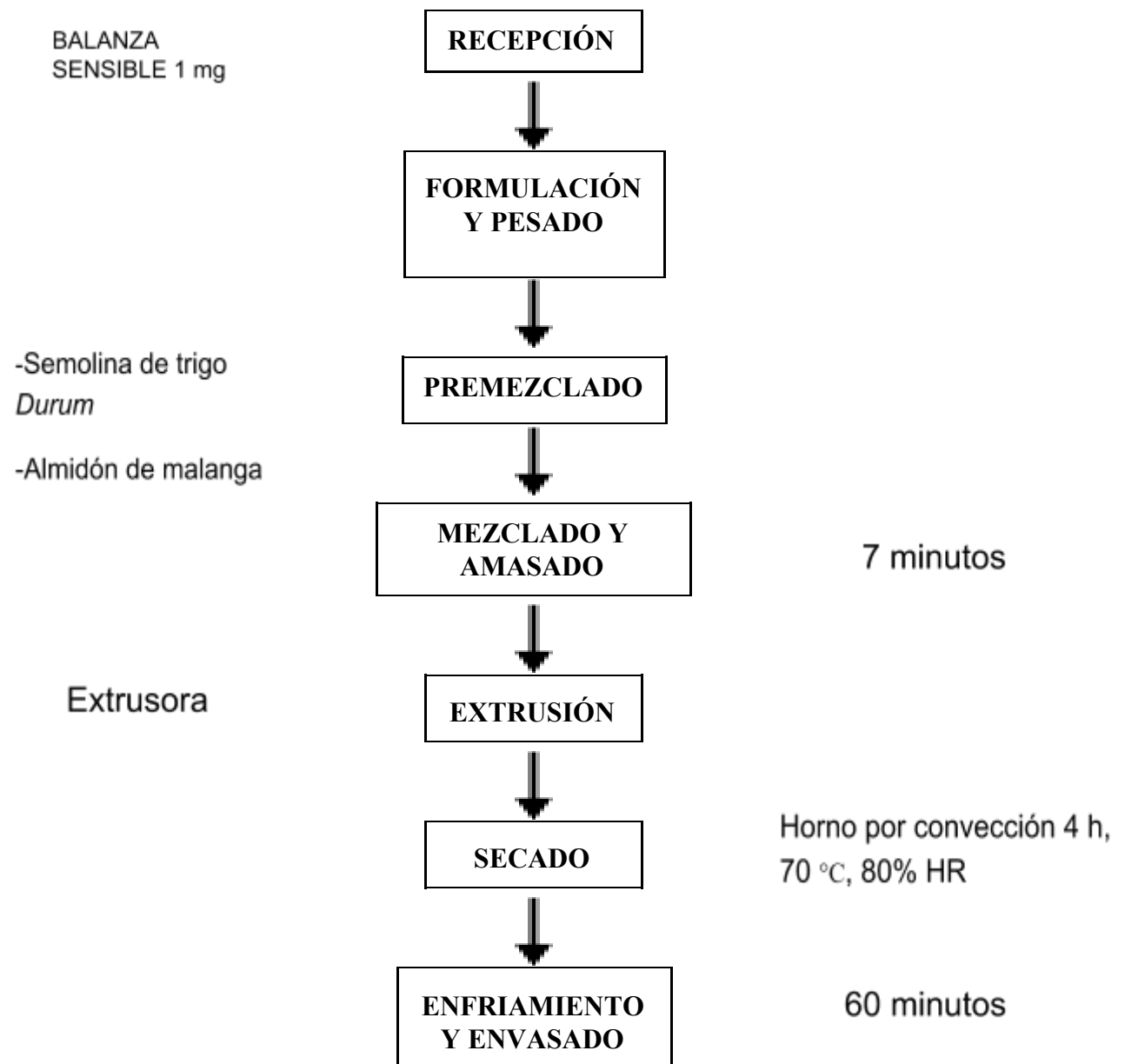


Figura. Proceso de elaboración de pastas cortas extruidas tipo 'Rigatoni

Fuente: Adaptado de (Collaguazo, 2014)

Recepción: Se realizó una previa selección de los ingredientes que se emplearon en la preparación de los fideos, los mismos que debían encontrarse en buenas condiciones.

Formulación y pesado: Los ingredientes a utilizar fueron pesados considerando las formulaciones establecidas y para ello, se utilizó una balanza cuya sensibilidad es de 1 mg.

Pre-mezclado: En una superficie completamente limpia, se pusieron la harina y el almidón las mismas que se pesaron con anterioridad, posteriormente se realizó el mezclado.

Mezclado y amasado: En una mezcladora la misma que se utiliza como extractor para fideos se procedió a colocar todos los ingredientes (mezcla de harinas, agua, huevo y sal), el mezclado se lo realizó durante 5 a 7 minutos.

Extrusión: Después del mezclado de todos los ingredientes, el equipo extrusor se encargó de la formación de las pastas; en esta investigación se trabajó con pastas tipo rigatoni.

Secado: Las pastas elaboradas se las colocó en un equipo de horneado por convección a una temperatura entre 65 y 70 °C durante 4 horas, con la finalidad de reducir la actividad de agua presente en el producto, hasta obtener un 13 por ciento de humedad. La higroscopia es una propiedad que está presente en las pastas por tal motivo estas se humedecen fácilmente.

Enfriado y envasado: Las pastas ya elaboradas se las enfrió a temperatura ambiente considerando que el lugar sea fresco y seco por un tiempo de 60 minutos. Luego del enfriamiento de los fideos se los ubicó en fundas plásticas con cierre hermético. Se colocó un código a cada funda de acuerdo a su formulación.

3.7 Pruebas de cocción de las pastas alimenticias

3.7.1 Determinación del tiempo ideal para la cocción de las pastas

En 400 ml de agua en ebullición se colocaron por separado cincuenta gramos de fideos de la muestra control, y las preparadas con los distintos porcentajes de sustitución. Después de transcurrir los nueve minutos se cogió un pedazo de pasta se los colocó en un cubreobjetos y

se presionó. Se determinó que el tiempo ideal para la cocción de fideos es aquel que después de comprimir las pastas estas no presentan un color blanco (Granito et al.,2014).

3.7.2 Análisis de pérdida de peso de pastas alimenticias

Para conocer cuál es la pérdida de peso de este alimento, se colocó en un recipiente el agua resultante de la ebullición de los fideos, posteriormente se secó a 100 °C hasta obtener peso constante. Se consideró el porcentaje de sólidos que se quedaron en el agua en la que se cocinó las pastas con las diferentes formulaciones (Granito et al., 2014).

3.7.3 Análisis del porcentaje de hinchamiento

Para el análisis del porcentaje de hinchamiento se utilizó una innovación de la técnica descrito por (Granito et al., 2014). Se pesaron 50 g de pasta seca por cada una de las formulaciones, después se sometieron a cocción empleando su tiempo adecuado, se coló el agua de cocción y posteriormente se enfriaron las pastas hasta alcanzar la temperatura de 25°C. En una balanza analítica se pesó la pasta cocida y pasta seca (Criollo Feijoo et al., 2017). Con la siguiente ecuación se corroboró el porcentaje de hinchamiento de las pastas.

$$\% \text{ de Hinchamiento} = \frac{\text{peso pasta cocida} - \text{peso pasta seca}}{\text{peso pasta seca}} \times 100$$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 7: Análisis fisicoquímico del almidón de Malanga

Parámetros	Porcentaje (%)
Cenizas	0,4 +/- 0,001
Acidez	0,007 +/- 0,003
pH	4,6 +/- 0,002
Humedad	11,97 +/- 0,002

Los valores reportados son la media de 3 análisis.
+/- Corresponden a la desviación estándar.

El contenido de cenizas presentes en la malanga fue de 0,4 % siendo mayor al obtenido por (Palomino et al., 2010) para almidón de malanga criollo (tubérculo de la misma variedad a la estudiada en esta investigación cuyo valor fue de 0,09 %. Según (Torres Rapelo et al., 2013) presentaron valores inferiores en el almidón de papa china (*Colocasia esculenta L. Schott*) (0,27 %).

Los valores obtenidos de acidez y pH fueron de 0,007 % y de 4,6 respectivamente; resultados inferiores a los mencionados por (Madrigal Ambriz et al., 2018), cuya acidez fue de 0,47 % y pH de 5,91 %; al igual que (Rodríguez Miranda et al., 2011) que reportó un pH de 6, 78; ambos resultados fueron obtenidos del análisis en almidón de papa china mientras que (Palomino et al., 2010) presentó valores superiores en acidez (0,04 %) y pH (6,5 %) analizados en *Xanthosoma sagittifolium*

Palomino et al., 2010, reportó valores inferiores de humedad analizados en ocumo criollo (10,82 %). Según (Madrigal Ambriz et al., 2018) presentaron resultados inferiores para harina de *Xanthosoma sagittifolium* (6,87 %). Sin embargo (Torres Rapelo et al., 2013) presentó valores mayores a los obtenidos en este trabajo investigativo.

4.1 Pruebas de cocción de las pastas

Los resultados obtenidos en esta determinación, mostrados en la tabla 8, permite verificar que mientras se incrementa el % de almidón de malanga, el tiempo ideal para la cocción de los fideos disminuye.

Tabla 8: Análisis del tiempo óptimo de cocción en las diferentes formulaciones de pastas alimenticias.

Formulación	Tiempo óptimo de cocción (min)
MC	20,3 ^a +/- 0,4
F1	19,9 ^{ab} +/- 0,2
F2	19,5 ^{ab} +/- 0,6
F3	18,9 ^b +/- 0,9
F4	18,4 ^b +/- 0,8

Los valores reportados son la media de 3 determinaciones.
+/- Corresponden a la desviación estándar.

Los valores que contienen a, b difieren significativamente ($p < 0,05$).

El motivo de esta disminución de tiempo se da por las bajas temperaturas de gelatinización que posee el almidón de malanga en comparación con otros tubérculos, por esta razón mientras se incrementa la cantidad de sustitución de este ingrediente se necesita menos energía para para su completa cocción (Torres Rapelo et al., 2013). Según (Littardi et al., 2020) el tiempo ideal para la cocción de pastas incrementa con la presencia de gluten. (Vivanco et al., 2018) afirma que a medida que se agregue almidón diferente al trigo, el tiempo para que los fideos estén listos va a ser mayor. Datos similares presentaron (Criollo Feijoo et al., 2017) donde se evidenció que a medida que se incrementa el almidón de banano aumenta los tiempos de cocción, esto es por lo que este almidón presenta altas temperaturas de gelatinización.

4.1.1 Pérdida de Peso

Las pérdidas de peso estuvieron entre 5,39 % (MC) y 11,12 % (F4) como se enseñan, cada vez que se incrementa la sustitución de almidón de malanga la pérdida de peso es mayor. Al sustituir parcialmente al granular durum, por otra fuente de almidón afecta las propiedades de las pastas (Torres A. et al., 2007).

Tabla 9: Pérdida de peso en las pastas alimenticias.

Formulación	Pérdida de peso (g)
MC	5,39 ^a +/- 0,12
F1	5,75 ^a +/- 0,14
F2	6,16 ^a +/- 0,35
F3	9,68 ^b +/- 0,27
F4	11,12 ^b +/- 0,52

Los valores reportados son la media de 3 determinaciones.
+/- Corresponden a la desviación estándar.

Los valores que contienen a, b difieren significativamente ($p < 0,05$).

Este comportamiento es similar a lo reportado por (Torres et al., 2009), quienes mencionan que al disminuir el porcentaje de fécula de trigo y reemplazar por otras fuentes de almidón, las pérdidas de cocción incrementan. Así mismo (Granito et al., 2014) indican resultados similares a los descritos en esta investigación.

4.1.2 Porcentaje de Hinchamiento

La determinación de este parámetro en las pastas alimenticias, se vincula con la cantidad de agua que es absorbida por el almidón. El almidón retiene agua en la etapa de cocción, provocando un engrandecimiento en su volumen.

Tabla 10: Análisis del Porcentaje de Hinchamiento en las diferentes formulaciones de pastas alimenticias

Formulación	Hinchamiento (%)
MC	152,20 ^a +/- 1,42
F1	149,07 ^a +/- 2,87
F2	181,71 ^b +/- 2,28
F3	185,43 ^b +/- 4,13
F4	252,57 ^c +/- 5,61

Los valores reportados son la media de 3 determinaciones.

+/- Corresponden a la desviación estándar.

Los valores que contienen a, b, c difieren significativamente ($p < 0,05$).

Este análisis de pruebas de cocción se relaciona con el tamaño de la pasta, debido a que al utilizar agua en ebullición para su cocción la red de gluten se hidrata provocando un aumento en su volumen. Por tal motivo, a medida que se utiliza menos granular durum, el porcentaje de hinchamiento disminuye; este comportamiento ha sido observado por (Akanbi et al., 2011). En esta investigación podemos observar un comportamiento diferente; al sustituir 5 % de almidón de malanga disminuye el porcentaje de hinchamiento, mientras que al aumentar las cantidades de 10, 15 y 20 % el porcentaje de hinchamiento incrementa, esto se debe a los elevados valores de absorción de agua del almidón (Akanbi et al., 2009). Resultados similares reportó (Vivanco et al., 2018) al incrementar el porcentaje de fruta pan de 20 y 30 % el porcentaje de hinchamiento aumenta.

4.2 Caracterización reológica de las mezclas

En la siguiente tabla se presenta el % de humedad, de hidratación y el tiempo de duración de las masas en esta etapa, estos análisis se hicieron por cada una de las formulaciones.

Tabla 11: Parámetros para la caracterización reológica de las formulaciones

Formulaciones	Hidratación (%)	Humedad (%)	Estabilidad (min)
100% HT – 0% AM	62,5 ^a +/- 0,04	14,1 ^a +/- 0,2	10,2 ^a +/- 0,6
95% HT – 5% AM	62,2 ^a +/- 0,02	13,6 ^a +/- 0,6	10,6 ^a +/- 0,4
90% HT – 10% AM	62,1 ^a +/- 0,01	13,7 ^a +/- 0,5	9,9 ^a +/- 0,1
85% HT – 15% AM	62,4 ^a +/- 0,07	13,5 ^a +/- 0,7	9,4 ^a +/- 0,5
80% HT – 20% AM	60,2 ^b +/- 0,03	13,2 ^a +/- 0,2	8,1 ^b +/- 0,3

Los valores reportados son la media de 3 determinaciones.

+/- Corresponden a la desviación estándar.

Los valores que contienen a, b difieren significativamente ($p < 0,05$).

La hidratación hace énfasis al porcentaje de agua que se necesita agregar a la harina para formar una masa que posea propiedades propicias para su manipulación. Como lo menciona (Álvarez Pulluquitín, 2012) que la absorción está relacionada con el endospermos del grano y con el gluten presente en el mismo. Como se aprecia en los resultados las mezclas con distinto porcentaje de sustitución, así como la patrón presentaron resultados inversamente proporcional, a razón que incrementa la cantidad de almidón de malanga el porcentaje de humedad disminuye, este comportamiento es similar a los reportados por (Sacón-Vera et al., 2016), esto se dió fundamentalmente a la cantidad de proteínas presentes en las diferentes formulaciones.

Así mismo el porcentaje de estabilidad obtenido tiene similar conducta a las otras propiedades, mientras mayor es porcentaje de sustitución menor será su estabilidad, los resultados de este análisis estuvieron entre los 8,1 y los 10,6 minutos. Esto está relacionado

con la obtención de una masa débil, que no soportará un buen amasado ni a una fermentación porque se romperá.

4.3 Análisis reológicos de las masas mediante el uso de Mixolab

En la Tabla 12 se encuentran los resultados obtenidos de Mixolab

Tabla 12: Parámetros reológicos en las diferentes formulaciones

FORMULACIONES	C1 (Nm)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)
MC	1,12 ^a +/- 0,03	0,48 ^a +/- 0,02	1,42 ^a +/- 0,005	0,89 ^a +/- 0,006	1,19 ^a +/- 0,04
F1	1,10 ^b +/- 0,05	0,45 ^a +/- 0,04	1,43 ^a +/- 0,003	0,86 ^a +/- 0,002	1,12 ^b +/- 0,06
F2	1,08 ^a +/- 0,01	0,42 ^a +/- 0,01	1,37 ^b +/- 0,02	0,81 ^b +/- 0,004	1,10 ^b +/- 0,01
F3	1,06 ^b +/- 0,03	0,37 ^b +/- 0,06	1,27 ^c +/- 0,04	0,71 ^c +/- 0,001	1,02 ^c +/- 0,02
F4	1,05 ^{ab} +/- 0,07	0,33 ^b +/- 0,04	1,25 ^c +/- 0,06	0,70 ^c +/- 0,007	0,98 ^a +/- 0,02

Desarrollo de la masa (C1), poder de hinchamiento del almidón (C2), gelatinización del almidón (C3), actividad amilásica (C4) y retrogradación (C5).

Los valores reportados son la media de 3 determinaciones.

+/- Corresponden a la desviación estándar.

Los valores que contienen a, b, c difieren significativamente ($p < 0,05$).

Cuando las masas son puestas en el equipo para determinar los parámetros reológicos y llegan al punto más alto que es de 1,1 Nanómetros a 30 °C, se dice que es constante a transformaciones, por ende en ese instante se considera una masa sólida (Sandoval et al., 2012). Los valores de las propiedades analizadas va desde C1 con valores desde 1,05 a 1, 12 presentando un comportamiento muy variado, sin embargo estos resultados están dentro de los datos determinados por este equipo. Mientras que en el C2 se obtuvo valores inversamente proporcionales en relación a la adición de almidón de malanga el mismo que fue desde los 0,48 a los 0,33 Nm, cuanto mayor es el número de C2 mayor es el valor de agua que retienen los gránulos. Los valores obtenidos en el parámetro C3 fueron de 1,46 a 1,25 Nm, el primer valor pertenece a la muestra control, estos resultados indican que mientras los valores sean elevados la masa está conformada por almidones de buena calidad, con

tendencia de tener un buen volumen al momento de la elaboración de algún producto. Los resultados que se obtuvieron de la actividad amilásica estuvieron entre los 0,89 hasta los 0,70; estos datos reportados significan que su actividad amilásica es inferior y por lo tanto la cantidad de absorción de agua aumentará consiguiendo una masa de fácil manejo (Vásconez Chimbo, 2015).

El indicativo C5 que corresponde a la retrogradación, está relacionada directamente con los valores de C4 en donde dichos resultados no tienen que tener tanta diferencia entre sí, porque esto determinará que el producto tenga un tiempo de anaquel mayor (Vásconez Chimbo, 2015). Los valores que se evidenciaron en C5 estuvieron entre los 1,19 a los 0,98 Nm; Estos resultados comparándolos con los parámetros de C4 se determina que cuanto más se agrega almidón de malanga para la elaboración de pastas estas van a presentar mayor vida útil.

4.3.1 Índices de calidad de las mezclas

Tabla 13: Parámetros para determinar el Índice de calidad de las muestras

PARÁMETRO	MC (0%)	F1 (5%)	F2 (10%)	F3 (15%)	F4 (20%)
IAA	8,0 ^a +/- 0,03	8,0 ^a +/- 0,01	8,0 ^a +/- 0,06	8,0 ^a +/- 0,05	7,0 ^a +/- 0,38
IAM	7,0 ^a +/- 1,02	6,0 ^a +/- 0,92	4,5 ^b +/- 0,43	3,0 ^b +/- 0,67	2,0 ^c +/- 0,26
IFG	4,0 ^a +/- 1,13	3,0 ^a +/- 1,02	1,5 ^b +/- 0,97	2,0 ^b +/- 0,42	0,5 ^c +/- 0,89
IVA	2,0 ^a +/- 0,04	2,0 ^a +/- 0,83	2,0 ^a +/- 0,27	2,0 ^a +/- 0,09	2,0 ^a +/- 0,05
IRA	1,0 ^a +/- 1,08	2,0 ^a +/- 0,76	2,0 ^a +/- 0,93	2,0 ^a +/- 1,24	2,0 ^a +/- 1,14
IRE	2,0 ^a +/- 0,87	2,0 ^a +/- 0,36	2,0 ^a +/- 0,68	2,0 ^a +/- 0,08	2,0 ^a +/- 0,53

IAA: índice de absorción de agua; IAM: índice de amasado; IFG: índice de fuerza de gluten; IVA: índice de viscosidad del almidón; IRA: índice de resistencia a la amilasa; IRE: índice de retrogradación.

Los valores reportados son la media de 3 determinaciones.

+/- Corresponden a la desviación estándar.

Los valores que contienen a, b, c difieren significativamente ($p < 0,05$).

El IAA no se vio modificado entre las formulaciones, cuyo porcentaje de sustitución fue de 5, 10, 15% y la muestra patrón; sin embargo al sustituir un 20 % de almidón de malanga por

fécula de trigo el resultado disminuyó, esto se debe a que al aumentar la cantidad de sustitución el porcentaje de proteínas presentes en la mezcla se redujo

Como se observan los valores obtenidos en el IAM, dan como resultado que existe diferencias a partir del 10 % de sustitución en comparación con la muestra patrón que equivale a 100 % de fécula de trigo, estos resultados se dan debido al porcentaje de gluten que está presente en las distintas mezclas entre mayor sea la sustitución menor será el contenido de proteínas, lo que provocará que la masa no resistirá a una buena fermentación porque no podrá tener estiramiento adecuado. Este índice es una propiedad que muestra resistencia de la masa a dicho trabajo. Durante este proceso la combinación de agua y harina que es analizada empieza a cambiar su textura, haciéndose suave, viscoelástica y con gran facilidad para ser extendida (Sandoval et al., 2012). Los resultados que se obtuvieron en el IFG fueron inversamente proporcional a los porcentajes de sustitución de almidón de malanga. Este parámetro está relacionado con la calidad de proteínas que presenta la masa mas no de la cantidad; las proteínas que están presentes en el trigo y que ayudan a formar una buena masa son las gluteninas (tienen la función de dar elasticidad y fuerza) y gliadinas (extensibilidad y viscosidad) (Quezada Correa et al., 2019).

Los valores que se obtuvieron del análisis de IVA e IRA se mantuvieron constantes en todas las formulaciones, por ende no hubo diferencia significativa. Estos resultados manifiestan que es fundamental considerar los porcentajes de amilasas presentes en las mezclas con el propósito de mantener las propiedades de un alimento; si la cantidad de amilasas es elevada se tendrá una masa muy suave y pastosa lo que dificultará su manejo (Dubat, 2013).

El IRE está relacionado con el tiempo de duración de un producto. Los resultados que se consiguieron en este parámetro fueron iguales en todas las mezclas incluyendo a la muestra control. Entre menores sean los valores de retrogradación mayor será el tiempo de duración del producto. En esta etapa ocurre un cambio en el almidón en donde las moléculas que han sido gelatinizadas se vuelven a unir para establecer una estructura cristalina de doble hélice, en este proceso el almidón comienza a transferir parte del agua, debido a que se encuentra en una fase muy inestable y por tal motivo tiene menor elasticidad (De Arcangelis, et al., 2020).

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN

- En la caracterización físico-química analizada al almidón nativo de malanga se obtuvieron porcentajes mayores en cenizas y humedad en comparación con los reportados por otros autores; mientras que el porcentaje de pH y acidez fueron menores a los mencionados en otras investigaciones.
- Los análisis realizados en el Mixolab permitieron analizar el perfil reológico de las masas provenientes de las mezclas de harinas de trigo con almidón de malanga, así como la de harina de trigo al 100 %; donde se evidenció que al aumentar la cantidad de malanga los resultados obtenidos en los parámetros de C1 al C5 disminuyeron significativamente.
- Los valores conseguidos en los índices analizados establecen que en la absorción de agua (IAA), la viscosidad (IVA), resistencia (IRA) y la retrogradación no presentan diferencia significativa, manteniéndose constante sus resultados. Mientras que los índices de IAM e IFG, presentaron una variación en cada una de las formulaciones siendo inversamente proporcional, es decir a medida que se le adicionó almidón de malanga a las formulaciones los resultados disminuían provocando que la calidad de la masa sea inferior.
- En la determinación del porcentaje de hidratación y de humedad se obtuvieron resultados similares, no presentaron diferencias significativas entre las formulaciones estudiadas; en la estabilidad de la masa se reportaron valores similares en las formulaciones 1, 2 y 3 y la muestra control, sin embargo hubo diferencia con la formulación 4 que posee mayor porcentaje de sustitución lo que provoca la obtención de una masa débil.
- Se concluye que es factible la inclusión de almidón de malanga hasta un 20 % para la elaboración de pastas alimenticias debido a que al sustituir un 30 %, estas no mantienen su estructura y se desintegran fácilmente, además se brinda otra opción a la industria alimentaria para la utilización de este tubérculo que posee valores nutricionales importantes.

Bibliografía

- Acurio, P., Villacrés, E., & Paredes, M. (2018). Modificación de las propiedades reológicas y panificables mediante fermentación del almidón de maíz variedad INIAP 122. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 17-25.
- Agama-Acevedo, E., García-Suárez, F., Gutiérrez-Meraz, F., & Bello-Pérez, I. (2011). Isolation and partial characterization of Mexican taro (*C. esculenta* L.) starch. *Starke*, 63(3):139-46.
- Akanbi, T. O., Nazamid, S., & Adebawale, A. A. (2009). Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. *International Food Research Journal*, 16:151-157.
- Akanbi, T. O., Nazamid, S., Adebawale, A. A., Farooq, A., & Olaoye, A. O. (2011). "Breadfruit starch-wheat flour noodles: preparation, proximate compositions and culinary properties". *International Food Research Journal*, 18(4).
- Álvarez Pulluquitín, M. A. (Mayo de 2012). *Semantic Scholar*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/3ad1/4bceac755bbd1c2af343bf7b78214387add0.pdf>
- AOAC. (2003). *Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Chapter 32: 1, 2, 5 y 14*. Washington. U.S.A.
- Arano-Avalos, S., Gómez-Merino, F. C., Mancilla-Álvarez, E., Sánchez-Páez, R., & Bello-Bello, J. J. (2019). An efficient protocol for commercial

micropropagation of malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) using temporary immersion. *Scientia Horticulturae*, 0304-4238.

Arano-Avalos, S., Gómez-Merino, F. C., Mancilla-Álvarez, E., Sánchez-Páez, R., & Bello-Bello, J. J. (2019). An efficient protocol for commercial micropropagation of malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) using temporary immersion. *Scientia Horticulturae*, 0304-4238.

Argentel Martínez, L., Garatuza Payán, J., Ontiveros, A., M, M., González, Y., A, E., & González Aguilera, J. (2017). Estrés térmico en cultivo del trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 57-67.

Awolu, O. O. (2017). Optimization of the functional characteristic, pasting and rheological properties of pearl millet-bades composite flour. *Heliyon*, 3, 8 - 15.

Badui, D. S. (2006). *Química de los Alimentos. En Analytical implication of the classification starch as dietary fiber (págs. 85-86)*. México: Pearson Education.

Baiano, A., Lamacchia, C., Fares, C., Terracone, C., & La Notte, E. (2011). Cooking behaviour and acceptability of composite pasta made of semolina and toasted or partially defatted soy flour. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 1226-1232. .

Buttriss, J. L., & Stokes, C. S. (2008). "Dietary fi-bre and health: an overview". *Nutrition Bulletin*, 33(3), 186-200 .

Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., & Del Nobile, M. A. (2007). Effect of carboxymethylcellulose and pregelatinized corn starch on the quality of amaranthus spaghetti. *Journal of Food Engineering*, 83(4), 492-500.

- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Facultad de Ciencias y Tecnología, Unive*, 24(1), 78-84 .
- CODEX, A. (2019). *Normas Internacionales de los Alimentos*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Organización Mundial de la Salud: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf
- Collaguazo, N. Y. (2014). Evaluación sensorial de una pasta elaborada con harina de trigo y almidón nativo de fruta pan (*artocarpus altilis*). *Universidad Técnica de Machala*.
- Contreras Dioses, O., Quezada Correa, L., Cuenca Mayorga, F., Martínez Fernández, D., Ruilova Cueva, M., & Martínez Mora, E. (2017). COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE MEZCLAS: HARINA DE TRIGO-ALMIDÓN NATIVO DE BANANO CAVENDISH DESTINADAS PARA PANIFICACIÓN. *Revista de Investigación Talentos* , 50-54.
- Criollo Feijoo, J., Martínez Mora, E., Silverio Calderón, C., & Díaz Torres, R. (2017). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo - almidón de banano. *Revista Cumbres*, 09-16.
- Daubert, C., & Foegeding, E. (2010). *Rheological principles for food analysis, Food Analysis, fourth ed. (Chapter 30)*. New York: Springer .
- De Arcangelis, E., Cuomo, F., Trivisonno, M. C., & Marconi, E. (2020). Gelatinization and pasta making conditions for buckwheat gluten-free pasta. *Journal of Cereal Science*, 95.
- De la Horra, A. E., Seghezzi, M. L., Molfese, E., Ribotta, P. D., & León, A. E. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de

calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2), 81-89.

De Noni, I., & Pagani, M. (2010). "Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50: 465-472.

De Oliveira, G., Holanda, C., Andrade, L., & Morais de Oliveira, A. (2012). Species used to prevent osteoporosis in Brazilian traditional medicine. *Pharm Biol*, 50, 930-932 .

Dubat, A. (2013). El Mixolab: Herramienta completa para el control de calidad en molinería en industrias. *CHOPIN-TECHNOLOGIES*.

FAO. (6 de Marzo de 2002). *Depósito de documentos de la FAO*. Obtenido de Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s08.htm>

FAO. (2009). Obtenido de La agricultura amazónica y caribeña. Yautía o malanga (Xanthosoma sagittifolium): http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap4_8.htm#:~:text=Descripci%C3%B3n%20bot%C3%A1nica,tallos%20secundarios%20engrosados%20o%20cormelos.

Finnie, S., & Atwell, W. A. (2016). *Wheat Flour. Segunda Edición*. Publicado por Elsevier Inc. en cooperación con AACC International.

Goesaert, H., Bris, K., Veraberbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 12-30.

- Graf, B. L., Zhang, L., Corradini, M. G., Kuhn, P., & Newman, S. S. (2018). Physicochemical differences between malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and potato (*Solanum tuberosum*) tubers are associated with differential effects on the gut microbiome. *Journal of Functional Foods*, 268-276.
- Granito, M., Pérez, S., & Valero, Y. (2014). “Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas”. *Revista chilena de nutrición*, 41(4): 425-432.
- Gull, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2018). Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17, 147- 153.
- Hernandez-Espinosa, N., Posadas Romano, G., Crespo-Herrera, L., Singh, R., Guzman, C., & Itria Iba, M. (2020). Endogenous arabinoxylans variability in refined wheat flour and its relationship with quality traits *. Journal of Cereal Science 95*, 103062.
- Hidalgo, A., Alamprese, C., Marti, A., Galli, S., Barabba Terno, A., & Brandolini, A. (2020). Nutritional and technological properties of non-traditional einkorn (*Triticum monococcum*) wheat pasta *. Food Science and Technology*, Volumen 133.
- INEN, N. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana* . Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalización: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_616-4.pdf
- Jacome, A. M., Calle, S. Q., & Pastor L, B. (2002). Producción y proceso de comercialización de trigo tropicalizado en el litoral ecuatoriano.
- Jones, J. (2012). Wheat Belly—An analysis of selected statements and basic theses from the book. *Cereal Foods World* , 57:177-189.

- Joyner, H. S. (2018). Explaining food texture through rheology. *Food Science* , 21: 7-14.
- Juárez, Z., Bárcenas-Pozos, M., & Hernández, L. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento.
- Khan, K., & Shewry, P. R. (2009). *Wheat Chemistry and Technology Cuarta Edición*. AACC International.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Physiological and psychological foundations of sensory function. Sensory Evaluation of Foods: Principles and Practices*. New York: Springer.
- Líderes, R. (30 de Enero de 2017). *EE.UU. es el destino de su malanga*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/malanga-eeuu-destino-exportaciones-alimento.html>
- Lin, L., Zhang, L., Cai, X., Liu, Q., & Zhang, C. (2018). The relationship between enzyme hydrolysis and the components of rice starches with the same genetic background and amylopectin structure but different amylose contents. *Food Hydrocolloids*, 406-413.
- Littardi, P., Paciulli, M., Carini, E., Rinaldi, M., & Rodolfi, M. (2020). Quality evaluation of chestnut flour addition on fresh pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 126.
- Madrigal Ambriz, L. V., Hernández Madrigal, J. V., Carranco Jáuregui, M. E., & Casas Rosado, R. d. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga” (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. . *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN* , 175-183.

Marti, A., Seetharaman, K., & Pagani, M. A. (2010). Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 404-409.

Mettler-Toledo, G. (2015). Laboratory & Weighing Technologies. Horno vs Analizador de humedad halógeno Guía práctica de comparación de métodos. *Suiza*.

Nguimbou, R., Himeda, M., Njintang, Y., Tatsadjieu, N., Facho, B., Scher, J., & Mbofung, C. (2012). Comparative physicochemical, thermal and microstructural properties of starches from two underutilized taro ecotypes. *Journal International Journal of Biosciences*, 64-74.

Nilusha, R. T., Jayasinghe, J. J., Perera, O. D., & Perera, P. I. (2019). Development of pasta products with nonconventional ingredients and their effect on selected quality characteristics: A brief overview. . *International Journal of Food Science*, 6750726 .

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 521. (19 de Septiembre de 2013). HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE. Ecuador: Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 526. (19 de Septiembre de 2013). HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE IÓN HIDRÓGENO o pH. Ecuador: Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad.

NTE INEN 1375. (2014). *INEN. Servicio Ecuatoriano de Normalización* .
Obtenido de www.normalizacion.gob.ec:
https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1375-2.pdf

Obando, C. (2009). "Caracterización Física y Química de la Malanga". *Quito*.

- Ogawa, T., & Adachi, S. (2017). Moisture distributions and propiedades of pasta prepared or cooked under different conditions. Rheology of Biological Soft Matter. *Biol. Matter. Springer, Tokyo*, 119-148.
- Ojinnaka, M. C., Akobundu, E. N., & Iwe, M. O. (2009). Cocoyam Starch Modification Effects on Functional, Sensory and Cookies Qualities. *Journal of Nutrition*, 8(5), 10.
- Owusu-Darko, P. G., Paterson, A., & Omenyo, E. L. (2014). Cocoyam (corms and cormels) - An underexploited food and feed resource. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3 (1), 22-29.
- Pacheco, E., & Techeira, N. (2009). Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*Dioscorea, alata*). *Revista Interciencia*, 280- 285.
- Palomino, C., Molina, Y., & Elevina, P. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott . *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela*, 58-66.
- Parada, J., & Santos, J. L. (2018). Effect of Three-Component Interactions Among Starch, Lipids and Proteins on the Glycemic Response. *Food Science and Technology*.
- Peña-Bautista, R., Hernández-Espinosa, N., Jones, M., & Guzmán, C. (2017). Wheat based Foods: Their Global and Regional Importance in the Food Supply, Nutrition and Health. *Cereal Foods World. CIMMYT series on carbohydrates, wheat, grains and health*, 231-249.
- Piironen, V., Toivo, J., & Lampi, A. M. (2002). Plant sterols in cereals and cereal products. *Cereal Chem*, 79:148-154.

- Podio, N. S., Baroni, M. V., Pérez, G. T., & Wunderlin, D. A. (2019). Assessment of bioactive compounds and their in vitro bioaccessibility in whole-wheat flour pasta. *Food Chemistry* , 408 - 417.
- Quezada Correa, L. M., Contreras Dioses, O. D., Martínez Mora, E. O., Mero Delgado, F. M., & González Valarezo, H. M. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (Colocasia esculenta) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces. *Alimentos Hoy*, 49-63.
- Rao, M. (2007). *Introduction: Food Rheology and Structure. in: Rheology of Fluid and Semisolid Foods*. Boston: Food Engineering Series, Springer.
- Riley, C., Wheatley, A., & Asemota, H. (2006). Physicochemical characterization of starches from jamaican yams (*Dioscorea* spp.): Potential for pharmaceutical exploitations. *European Journal of Scientific Research* , 15 (2): 207-219.
- Rodríguez Fernández, P. (2017). Impacto de residuos orgánicos sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de la malanga. *Ciencia en su PC*, 60.
- Rodríguez Miranda, J., Rivadeneyra Rodríguez, J. M., Ramírez Rivera, E. d., Juárez Barrientos, J. M., Herrera Torres, E., Navarro Cortez, R. O., & Hernández Santos, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México . *Ciencia y Mar*, 37-47.
- Rodríguez, J., Rivadeneyra, J., Ramírez, E., Juárez, J., Herrera, E., Navarro, R., & Hernández, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de Malanga (*Colocasia esculenta*)

cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 15 (43), 37-47.

Sacón Vera, E. F., Bernal Bailón, I. I., Dueñas Rivadeneira, A. A., Cobeña Ruiz, G. A., & Lopez Bello, N. (2016). Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Tecnología Química*, 457-467.

Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). 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. *Scientia Agropecuaria*, 123-131.

Selway, N., & Stokes, J. (2014). Soft materials deformation, flow, and lubrication between compliant substrates: impact on flow behavior, mouthfeel, stability, and flavor. *Annu. Food Sci. Technol*, 5 (1), 373–393.

Shewry, P. R., & Halford, N. G. (2002). Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, 53, 947-958.

Tashiro, T., & Wardlaw, I. F. (1990). The Effect of High Temperature at Different Stages of Ripening on Grain Set, Grain Weight and Grain Dimensions in the Semi-dwarf Wheat 'Banks'. *Annals of Botany*, 65(1), 51-61.

Torres Rapelo, A., Montero Castillo, P., & Duran Lengua, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*, 52-61.

Torres, A., Frías, J., Granito, M., & Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 101(1), 202-211.

- Torres, A., Frías, J., Granito, M., Guerra, M., & Vidal-Valverde, C. (2007). Chemical, biological and sensory evaluation of pasta products supplemented with α -galactoside-free lupin flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(1): 74-81.
- Torres, A., Montero, P., & Duran, M. (2013). propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (Colocasia esculenta) . *Revista Lasallista de Investigación*, 52-61.
- Torres, A., Rodríguez, M., Guerra, M., & Granito, M. (2009). Factibilidad tecnológica de incorporar germen desgrasado de maíz en la elaboración de pasta corta. *In Anales Venezolanos de Nutrición*, Vol. 22, No. 1, pp. 25-31.
- Torres, L., González, R., Sánchez, H., Osella, C., & De la Torre, M. (1999). Comportamiento de variedades de arroz en la elaboración de pan sin gluten. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 49, 4.
- Upadhyay, R., & Chen, J. (2020). *Rheology and tribology assessment of foods: a food oral processing perspective. Chapter 28*. Elsevier Inc. All rights reserved.
- Vargas Aguilar, P., & Hernández Villalobos, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha. Vol. 26*, 37-45.
- Vasconez Chimbo, L. N. (Mayo de 2015). *Repositorio de la Universidad Tecnológica Equinoccial*. Obtenido de repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14296/1/62647_1.pdf
- Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A. R., Barat, J. M., & Grau, R. (2016). “Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (Chenopodium quinoa) sobre las propiedades reológicas de la masa y

texturales del pan”. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2): 307-317.

Vázquez López, L. (2013). Evaluación de mezclas de harina de malanga y maíz para elaborar tortillas. *Tabasco, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*.

Vivanco, E., Martínez, E., Farías, M., Martínez, D., Zaragocín, R., Mackliff, C., & Sánchez, J. (2018). COCCIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS ELABORADAS CON HARINA DE TRI-GO Y ALMIDÓN DE FRUTIPAN (*Artocarpus altilis*). *Revista de Investigación Talentos*, V(2), 12-16.

Wang, Q., Shi, A., & Shah, F. (2019). Rheology instruments for food quality evaluation. *Evaluation Technologies for Food Quality*, 465- 487.

Yadav, S., & Gupta, R. K. (2015). Formulation of noodles using apple pomace and evaluation of its phytochemicals and antioxidant activity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4, 99-106.