



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Caracterización físico-química y tecnofuncional de pasta tipo spaghetti elaborado a partir de harinas de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Este trabajo de Titulación forma parte del Proyecto “Desarrollo de productos alimenticios libres de trigo y gluten a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales”, financiado por SENESYT mediante la Convocatoria INÉDITA 2018 y coordinado por Mirari Arancibia, Ph.D.

AUTORA: Erika Roxana Espinales Zambrano

TUTOR: Ing.Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

Ambato – Ecuador

Agosto - 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

Certifico que el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, ha sido prolijamente revisado y por lo tanto autorizo la presentación de éste, debido a que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 11 de marzo del 2020



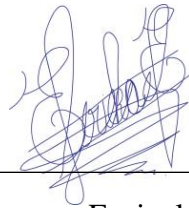
Ing.Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

C.I. 1801045020

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Erika Roxana Espinales Zambrano, manifiesto que resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Erika Roxana Espinales Zambrano

C.I. 1750921486

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Docentes Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Firmado electrónicamente por:
**LILLIANA
ALEXANDRA CERDA
MEJIA**

Presidente de Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**DOLORES DEL ROCIO
ROBALINO MARTINEZ**

Ing. Mg. Dolores del Rocio Robalino Martínez

C.I.- 1801769488

**DIEGO MANOLO
SALAZAR
GARCES** Firmado digitalmente
por DIEGO MANOLO
SALAZAR GARCES
Fecha: 2020.09.08
15:44:35 -05'00'

Ing. Mg. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I.-1803124294

Ambato, 29 de mayo del 2020

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.



Erika Roxana Espinales Zambrano

C.I. 17509214886

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios y la virgen, quienes me permitieron gozar de salud y fuerza en el transcurso de la carrera y por rodearme de personas buenas que me apoyaron en situaciones difíciles.

A mis queridos padres Dolores y Pablo, por su amor infinito. En especial a mi madre por su lucha constante día a día, hasta obtener mi profesión. A mis hermanas Katherine y Diana, por compartir una infancia hermosa, sus consejos y pese a las derrotas nunca disminuyó su confianza en mí.

A mi abuelita Rosa que aunque no se encuentre en este mundo, sé que me envía su bendición desde el cielo.

Con amor

Erika

AGRADECIMIENTO

A mi madre por estar pendiente de mí y contar con su motivación en momentos de tristeza y apoyo en toda la carrera universitaria y a mi padre por enseñarme a ser una persona fuerte, independiente y perseverante.

A Remigio Medina, por brindarme un hogar seguro y tranquilo, por su apoyo moral y económico cuando estuve en momentos de apuros.

A la familia Hidalgo Caiza, por la protección y cuidados que me brindaron cuando lo necesité. En especial al amor de mi vida, José Luis.

A mi revisor y tutor, Ing. Mg. Diego Salazar e Ing. Mg. Fernando Álvarez, por su paciencia, apoyo, confianza y ser la guía para culminar con éxito este trabajo de investigación.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, que se convirtió en mi segundo hogar y ser la formadora de mi profesión.

A LACONAL, al Ingeniero Iván Ocaña y a mi compañera de titulación Dayana Pruna. Por estar prestos a cualquier inquietud y ayuda constante durante la fase experimental de este proyecto.

A mis mejores amigas Maribel Cando, Jazmín Cárdenas y Tatiana Gallardo, por los momentos compartidos, los logros, aventuras, por su cariño y consuelo durante 5 años. Y mis compañeras de aula más cercanas Paola, Vanessa y Verónica.

Gracias a todos

Erika Espinales

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PAGINAS PRELIMINARES	
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMARY	xiv
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1. Cultivos andinos estudiados	2
1.1.1.1. Mashua (<i>tropaeolum tuberosum</i>).....	2
1.1.1.2. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	2
1.1.1.3. Achira (<i>Canna edulis Cannaceae</i>).....	3
1.1.1.4. Papa china (<i>Colocasia esculenta</i>)	3
1.1.1.5. Zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>).....	4
1.1.1.6. Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	4
1.1.2. Residuos agroindustriales de la industria bananera.....	5
1.1.3. Harina	5
1.1.4. Fideos	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Hipótesis	5
1.3.1. Hipótesis nula (Ho).....	5
1.3.2. Hipótesis alterna (Hi).....	6
1.4. Señalamiento de variables	6

1.4.1.	Variable independiente	6
1.4.2.	Variable dependiente	6
CAPÍTULO II.....		7
METODOLOGÍA.....		7
2.1.	Materiales.....	7
2.1.1.	Materia prima	7
2.1.2.	Obtención de las harinas.....	7
2.1.3.	Simbología de los fideos	7
2.1.4.	Elaboración de la pasta tipo spaghetti	8
2.2.	Métodos	8
2.2.1.	Características fisicoquímicas	8
2.2.1.1.	Acidez titulable e iones de hidrogeno.....	9
2.2.2.	Análisis proximal.....	9
2.2.2.1.	Humedad	9
2.2.2.2.	Proteína	9
2.2.2.3.	Cenizas.....	10
2.2.2.4.	Grasa cruda	10
2.2.2.5.	Fibra dietética	10
2.2.2.6.	Carbohidratos totales	11
2.2.3.	Color.....	12
2.2.4.	Propiedades funcionales	12
2.2.4.1.	Tiempo de cocción.....	12
2.2.4.2.	Pérdida por cocción	12
2.2.4.3.	Porcentaje de hinchamiento	13
2.2.5.	Determinación de textura.....	13
2.2.6.	Análisis estadístico	13
CAPITULO III		14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		14
3.1.	Análisis y discusión de los resultados.....	14
3.1.1.	Análisis fisicoquímicos	14
3.1.2.	Análisis proximal.....	14
3.1.3.	Color	17
3.1.4.	Propiedades funcionales	19
3.1.5.	Textura.....	20
CAPITULO IV		22

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
4.1 Conclusiones	22
MATERIALES DE REFERENCIA	24
5.1 BIBLIOGRAFÍA	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	2
Figura 2. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	2
Figura 3. Achira (<i>Canna edulis Cannaceae</i>).....	3
Figura 4. Papa china (<i>Colocasia esculenta</i>).....	3
Figura 5. Zanahoria blanca (<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>).....	4
Figura 6. Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	4
Figura 7. Mezcla de las harinas de cultivos andinos y plátano.....	7
Figura 8. Masa y fideos frescos.....	8
Figura 9. Fideos secos.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología de los fideos de cultivos andinos y residuo agroindustrial...	8
Tabla 2. Formulaciones de los fideos.....	8
Tabla 3. Acidez alcohólica y pH de fideos.....	14
Tabla 4. Análisis proximal de los fideos.....	16
Tabla 5. Color de la pasta tipo spaghetti de cultivos andinos.....	17
Tabla 6. Propiedades funcionales de la pasta tipo spaghetti.....	19
Tabla 7. Perfil de textura de los fideos.....	21

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de acidez titulable.....	9
Ecuación 2. Determinación de humedad.....	9
Ecuación 3. Determinación de nitrógeno.....	10
Ecuación 4. Determinación de proteína.....	10
Ecuación 5. Determinación de cenizas.....	10
Ecuación 6. Determinación de grasa.....	10
Ecuación 7. Determinación del blanco para la fibra total dietaria.....	11
Ecuación 8. Determinación de fibra total dietaria.....	11
Ecuación 9. Determinación de carbohidratos totales.....	11
Ecuación 10. Determinación de croma.....	12
Ecuación 11. Determinación de tono.....	12
Ecuación 12. Determinación de pérdidas por cocción.....	13
Ecuación 13. Determinación del porcentaje de hinchamiento.....	13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Fotografías.....	31
Anexo B. Diagramas de flujo.....	32

RESUMEN

Hoy en día, la industria alimentaria busca ofrecer al consumidor productos que comúnmente se consume en casa; pero con una mayor calidad nutricional y libres de gluten, mediante el uso de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales. En este sentido, el objetivo del presente trabajo de investigación fue desarrollar un fideo tipo spaghetti, utilizando harina de mashua (*tropaeolum tuberosum*), achira (*Canna edulis Cannaceae*), oca (*Oxalis tuberosa*), papa china (*Colocasia esculenta*), zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*), chocho (*Lupinus mutabilis*), plátano y determinar las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales. Se diseñaron 2 formulaciones las cuales incluyeron harinas de cultivos andinos y plátano, sal, agua, huevos y goma xanthan.

En cuanto a los resultados, se observaron que los fideos tienen un pH muy cercano a la neutralidad con una acidez del 5 por ciento. Con respecto a su análisis proximal, la formulación 2 resultó tener valores mayores en los parámetros de humedad, proteína, grasa y cenizas y la formulación 1 en fibra y carbohidratos totales, diferencia que es atribuida por el valor nutricional de la harina de papa china y zanahoria blanca. Los pigmentos de las harinas y sus azúcares atribuyeron un color marrón proporcionando la apariencia de una pasta integral. Por otro lado, el tiempo de cocción e hinchamiento de los fideos de tubérculos andinos fueron menor que la muestra control a excepción de las pérdidas por cocción. Finalmente, se realizó un análisis de textura ATP, donde se observó que los parámetros guardan relación con la fuerza de la red de proteínas del producto.

Palabras claves: Industria alimentaria, Pastas alimenticias, Cultivos andinos, Residuos agroindustriales.

ABSTRACT

Today, the food industry seeks to offer consumers products that are commonly eaten at home; but with a higher nutritional quality and gluten-free, through the use of underutilized Andean crops and agroindustrial waste. In this sense, the objective of the present research work was to develop a spaghetti noodle, using mashua flour (*tropaeolum tuberosum*), achira (*Canna edulis Cannaceae*), oca (*Oxalis tuberosa*), chinese potato (*Colocasia esculenta*), white carrot (*Arracacia Xanthorrhiza*), chocho (*Lupinus mutabilis*), banana and determine the physicochemical and technofunctional properties. Two formulations were designed which included Andean crop and banana flours, salt, water, eggs and xanthan gum.

As for the results, it was observed that the noodles have a pH very close to neutrality with an acidity of 5 percent. With respect to its proximal analysis, formulation 2 was found to be higher in the parameters of moisture, protein, fat and ash and formulation 1 in fiber and total carbohydrates, a difference that is attributed by the nutritional value of chinese potato and carrot flour white. The pigments of the flours and their sugars attributed a brown color providing the appearance of an integral paste. On the other hand, the cooking and swelling time of the Andean tube noodles were shorter than the control sample except for the cooking losses. Finally, an ATP texture analysis was performed, where it was observed that the parameters are related to the strength of the product's protein network.

Keywords: Food industry, Pasta, Andean crops, Agroindustrial waste.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos.

La región andina del Ecuador posee una variedad de alimentos andinos como tubérculos ricos en almidones y leguminosas con un gran nivel de proteína y grasa (**Nielsen, 2010**). Según **S. Jacobsen, Mujica, and Ortiz (2003)**, mencionan que el consumo continuo es capaz de disminuir enfermedades cardiovasculares y de tracto digestivo además de fortalecer el sistema inmune.

Los tubérculos y leguminosas en su mayoría forman parte de la alimentación de los indígenas que viven en las zonas rurales ya que los alimentos de este tipo soportan condiciones extremas de frío y sequía (**Barrera, 2003**). No es muy común el consumo en las grandes ciudades ya que las personas prefieren alimentos que lleven menor tiempo de cocción con el propósito de ahorrar tiempo, poniendo a los cultivos andinos en decadencia (**Bonete, Urquiza, Guevara, & Yáñez, 2016**). Actualmente la demanda alimenticia se proyectó hacia aquellos productos con un alto contenido nutricional (Mai & Hoffmann, 2012).

La elaboración de fideos a partir de harina de cultivos andinos y residuo agroindustrial representa un reto tecnológico debido a la compleja actividad de reemplazar la función del gluten proveniente del trigo (**Schoenlechner, Drausinger, Ottenschlaeger, Jurackova, & Berghofer, 2010**). Es así que se deben utilizar altas temperaturas y aditivos para mejorar la calidad de cocción y sus características organolépticas (**Hooper, Glahn, & Cichy, 2019**).

Por otra parte, la mezcla de las harinas para la elaboración de fideos contienen proteínas que se complementan unas a otras y consecuentemente mejora el aporte de hierro, vitaminas, fibra dietaria y componentes funcionales como flavonoides, polifenoles y isoflavonas (**Giménez, Bassett, Lobo, & Samman, 2013**). No contiene gluten, por lo que es recomendado para personas celiacas.

1.1.1. Cultivos andinos estudiados

1.1.1.1. Mashua (*tropaeolum tuberosum*)

Sus tubérculos tienen forma cónica y la piel en su mayoría es amarilla con puntos negros, naranja, púrpura, rojos y rosados; se considera un tubérculo rústico ya que su cultivo no necesita pesticidas o fertilizantes (Surco, 2004).

Según Morillo, Morillo, and Tovar (2016), la mashua tiene un alto contenido de proteínas, carbohidratos, fibra, vitamina C y proporciona un buen aporte de calorías. Su sabor es amargo y se le atribuye una alta concentración de glucosinatos que proporcionan beneficios a la salud por sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas y diuréticas. Además, Barrera, Espinosa, Tapia, Monteros, and Valverde (2004), mencionan que la mashua es una excelente fuente amilácea, de ahí su capacidad de sustituir ya sea parcial o totalmente al trigo.



Figura 1. Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

1.1.1.2. Oca (*Oxalis tuberosa*)

Se cultiva en mayor abundancia en Ecuador, Perú y Bolivia (Caperuto, Farfan, & Camargo, 2000). Sus tubérculos tienen una forma ovoide con aproximadamente de 7-11 cm de longitud. Son de color blanco, amarillo, morado, negro o rojo y la textura de la piel puede variar de lisa a rugosa (Surco, 2004). Según Lalaleo (2017) los tubérculos de la oca son una fuente de carbohidratos, calcio, hierro, grasas, fibra y el nivel de proteína varía entre el 1 y 9% en peso seco.



Figura 2. Oca (*Oxalis tuberosa*)

1.1.1.3. Achira (*Canna edulis* Cannaceae)

Es una planta nativa de los Andes en América del Sur. El tallo es un rizoma subterráneo con una piel formada por capas una encima de otra, con 5-15 cm de longitud y 4-14 cm de ancho (**Jiménez, 2005**). Los rizomas de la achira contienen aproximadamente un 75–80% de almidón y azúcar (sacarosa y glucosa) entre un 6–4%.

Los gránulos de almidón son grandes, presentan alta viscosidad y resistencia a la hidrólisis por la α -amilasa, características que lo hacen interesante como agente espesante (**Ccahua, 2015**). La harina y almidón provenientes de este tubérculo son utilizados en la elaboración de fideos especiales en países del sudeste asiáticos (Lalaleo, 2017).



Figura 3. Achira (*Canna edulis* Cannaceae)

1.1.1.4. Papa china (*Colocasia esculenta*)

Es una planta de fácil propagación y rápido desarrollo (**Wang, Nie, & Zhu, 2016**). Produce tubérculos ovoides-redondos, de pulpa color blanca almidonosa y valor nutricional aceptable, y cáscara de color marrón obscura. Es altamente perecedero debido a su alta humedad, y se utiliza tanto en la alimentación humana como animal (**Rapelo, Castillo, & Lengua, 2013**)

Es conocida vulgarmente como malanga o taro. Contiene 0.87% de cenizas, 1.46% de fibra dietética, 24.5 de almidón, 0.20% de grasa y 2.20% de proteína (**Ayala, 2004**).



Figura 4. Papa china (*Colocasia esculenta*)

1.1.1.5. Zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*)

Es una planta de hojas ampliamente ovaladas y se cultiva a una altitud promedio de 2500 m; su raíz presenta de 8 a 10 ramificaciones en forma de zanahoria de color blanco, amarillo y rara vez púrpura (Grace et al., 2014). Su superficie es casi lisa ya que presenta cicatrices transversales (Jiménez, 2005). Según Lalaleo (2017), esta raíz contiene 71.1% de humedad, 1% de proteína, 0.2% de grasa, 25.8 de carbohidratos y 0.8% de fibra. Dentro de los minerales predominantes se encuentran el calcio, fósforo y hierro, y en cuanto a vitaminas se encuentran cantidades considerables de vitaminas A, B1, B2, C, y niacina.



Figura 5. Arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza*)

1.1.1.6. Chocho (*Lupinus mutabilis*)

Tarwi o comúnmente llamado chocho en Ecuador es una leguminosa con un alto nivel de alcaloides, el mismo que le proporciona un sabor amargo. Este compuesto debe extraerse para que no afecta a la biodisponibilidad (Lalaleo, 2017). Se cultiva en zonas templadas y frías a 2000-3850 msnm (Rosell, Cortéz, & Repo, 2009). Es altamente nutritivo posee un promedio de 35.5% de proteína, 16.9% de lípidos, 7.65% fibra cruda, 4.14% de cenizas y 35.7% de carbohidratos. Se utiliza para prevenir y curar la diabetes y males renales, elimina los efectos del alcohol, etc. (S Jacobsen & Mujica, 2006).



Figura 6. Chocho (*Lupinus mutabilis*)

1.1.2. Residuos agroindustriales de la industria bananera

Son aquellos productos que no logran cumplir con los requisitos de la industria que los produce, pero pueden ser utilizados como ingredientes para la elaboración de otros alimentos (Peñaranda, Montenegro, & Giraldo, 2017). El plátano por su alta exigencia de calidad es uno de los cultivos que posee mayor producción de residuos y en la actualidad los residuos agroindustriales se han convertido en insumo para la elaboración de harinas (Gil et al., 2012).

1.1.3. Harina

Producto que se obtiene de la molienda ya sea de granos de cereales, raíces y tubérculos (Vasiliu & Navas, 2009).

1.1.4. Fideos

Según la INEN 1375 (2000) cataloga a los fideos especiales como a la mezcla de harinas farináceas con la adición de ingredientes permitidos, los hay de diferentes formas como son largas (tallarines, spaghetti, fettuccini), cortas (lazos, caracoles, tornillo, letras) y enrolladas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de spaghetti elaborado a partir de harinas de cultivos andinos infrautilizados y residuo agroindustrial.

1.2.2. Objetivos específicos

- Elaborar pasta tipo spaghetti mediante la mezcla de harinas de mashua, achira, oca, papa china, zanahoria blanca, chocho y plátano.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del spaghetti elaborado a partir de harinas mashua, achira, oca, papa china, zanahoria blanca, chocho y plátano.
- Evaluar las propiedades tecnofuncionales del spaghetti elaborado a partir de harinas mashua, achira, oca, papa china, zanahoria blanca, chocho y plátano

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula (Ho)

La mezcla de cultivos andinos infrautilizados no incide en las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de la pasta tipo spaghetti.

1.3.2. Hipótesis alterna (Hi)

La mezcla de cultivos andinos infrautilizados incide en las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de la pasta tipo spaghetti.

1.4. Señalamiento de variables

1.4.1. Variable independiente

- Harinas de cultivos andinos (achira, chocho, mashua, oca, papa china, zanahoria blanca) y de residuo infrautilizado (plátano).

1.4.2. Variable dependiente

- Propiedades fisicoquímicas y tecnofuncional de la pasta tipo spaghetti.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Materia prima

Tubérculos andinos como el chocho, mashua, oca, papa china, zanahoria blanca fueron adquiridos del mercado Mayorista de Ambato, la achira del cantón Pillaro y harina de plátano de residuo agroindustrial

2.1.2. Obtención de las harinas

Los tubérculos fueron lavados con agua potable para eliminar todo tipo de impurezas. Se dejó escurrir por un tiempo y fueron cortados en rodajas de 2-3 mm de espesor aproximadamente.

El proceso de secado fue basado en la metodología propuesta por **Jiménez (2005)**. Las rodajas de los tubérculos y la leguminosa se colocaron en bandejas y se procedió a secar a 60 °C en un secador de bandejas (Gander mtn CD160) por 24 h hasta alcanzar una humedad constante de entre el 12-13 %. Posteriormente se trituroó en un molino de corona, a su vez en un molino de café y se tamizó obteniendo un tamaño de partícula de 250 micrones y fueron almacenadas herméticamente.

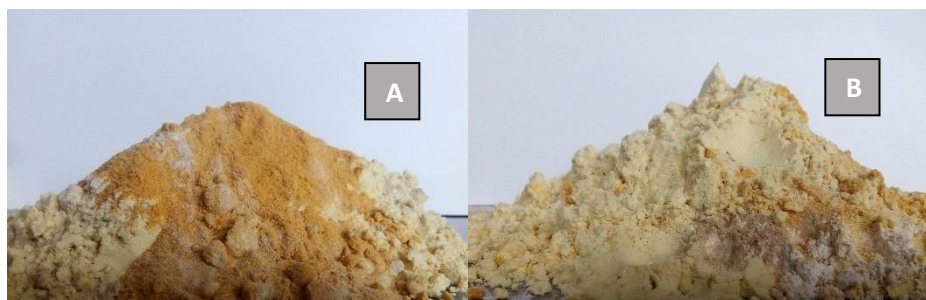


Figura 7. Mezcla de las harinas de la formulación 1 (A) y formulación 2 (B)

2.1.3. Simbología de los fideos

Tabla 1. Simbología de los fideos de cultivos andinos y residuo agroindustrial

Simbología	Nombre
F1	Fideos de achira, zanahoria blanca, chocho, mashua, oca y plátano
F2	Fideos de achira, papa china, chocho, mashua, oca y plátano
Control	Fideos de trigo

2.1.4. Elaboración de la pasta tipo spaghetti

Se realizaron dos formulaciones para la elaboración de spaghetti con la mezcla de cultivos andinos más harina de plátano de residuo agroindustrial y una muestra control a partir de harina de trigo. A continuación, se procedió a mezclar las harinas incluyendo huevo, sal y agua; se amasó por 20 min, luego se formó una lámina de 3mm de espesor, se pasó por la máquina para hacer pasta, se colocó en bandejas y se secó a 60°C por 4 horas.

Tabla 2. Formulación de los fideos

Harinas	F1	F2
Achira (%)	35	35
Chocho (%)	20	20
Mashua (%)	8	8
Oca (%)	0,02	0,02
Papa china (%)	-	35
Zanahoria blanca (%)	35	-
Plátano (%)	2	2
Huevo (g)	40,8	40,8
Agua (g)	53,15	53,15
Sal (%)	0,02	0,02
Goma xhantan (g)	1	1

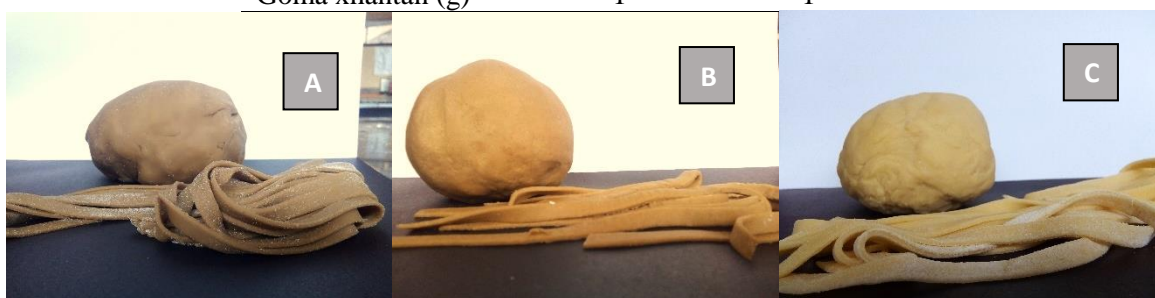


Figura 8. Masa y fideos frescos formulación 1 (A), formulación 2 (B) y control (C)

2.2. Métodos

2.2.1. Características fisicoquímicas

Serán evaluadas en pastas crudas, previa molienda del spaghetti.

2.2.1.1. Acidez titulable e iones de hidrogeno

Se trabajó bajo la metodología de AOAC 939.05. Se pesó 10g de muestra, se mezclaron con 90 mL de agua en un vaso Erlenmeyer de 250 mL y se agitó cada 5 min por 30 min hasta que la muestra se homogenice. Después se filtró y se tituló con un titulador automático (Mettler Toledo titrator 50) mostrando también el valor de iones hidrógeno (pH). Se realizaron tres replicas por muestra.

$$\%acidez (tartárico) = \frac{Vol NaOH (mL) * 0,1N * factor * 100}{peso de la muestra} \quad (Ec.1)$$

2.2.2. Análisis proximal

2.2.2.1. Humedad

Se determinó mediante la metodología AOAC 930.15. Se colocó el crisol en la estufa a 130 °C por 30 minutos, se pasó inmediatamente al desecador hasta que alcance temperatura ambiente. Posteriormente se colocaron 2 g de fideos triturado en el crisol y se colocó en la estufa a 130 °C por 24 h. Después de este tiempo se llevó al secador hasta que peso constante y se registró. El cálculo se realizará utilizando la Ecuación 2. Se determinó por triplicado para cada muestra.

$$\%H = \left[\frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \right] \quad (Ec. 2)$$

Donde: W_1 = peso de la muestra húmeda; W_2 = peso de la muestra seca

2.2.2.2. Proteína

Se trabajó bajo el método Kjeldahl propuesto por la AOAC 2001.11 (**Thiex, Manson, Anderson, & Persson, 2002**). Los fideos fueron triturados hasta obtener una muestra homogénea. Luego se pesó 1g de la muestra y se colocó en un tubo de digestión junto con 12mL de H_2SO_4 y 2 tabletas de catalizador por tubo, se digirió alrededor de 1h y se dejó enfriar por 20 min para posteriormente agregar 30 mL de agua destilada y 20 mL de NaOH a la muestra. Después se realizó la destilación colocando al equipo Kjeldahl un Erlenmeyer con la solución de H_3BO_3 (ácido bórico) que tiene como indicador rojo de metilo hasta obtener una reacción de color verde esmeralda y finalmente se tituló con HCl al 0,1M. La determinación se realizó por triplicado.

$$\%N = \frac{(V_S \times V_B) \times M \times 140,1}{W \times 10} \quad (\text{Ec.3})$$

$$\%Proteína = \%N \times F \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde: %N = porcentaje de nitrógeno; V_S (mL)= volumen de ácido estandarizado para valorar la muestra; V_B (mL)= volumen de ácido estandarizado para valorar el blanco; M= molaridad del HCl; 14,01= peso atómico del N; W= peso de la muestra; 10= factor para convertir mg/g en porcentaje; F= Factor de conversión (6,25).

2.2.2.3. Cenizas

Se utilizó la metodología propuesta por **Ccahua (2015)**. Se pesó una muestra de 2g de fideo triturado en un crisol tarado. Se colocó el crisol en la mufla a 550°C por 2 h utilizando pinzas. Cuando la temperatura descendió a 250°C se sacó, se cubrió y fue transferido a un desecador. El procedimiento se repetirá hasta alcanzar peso constante. Los ensayos se realizarán por triplicado y se calculó mediante la Ecuación 5.

$$\%C = \frac{\text{Peso de cenizas (g)}}{\text{Peso de la muestra original (g)}} \times 100 \quad (\text{Ec. 5})$$

2.2.2.4. Grasa cruda

Se realizará mediante la metodología propuesta por AOAC 923.04. Se pesó 1 g de muestra en un papel filtro y fue transferido a un dedal de Soxhlet y tapado con un algodón. Se colocarán 50 mL de éter de petróleo en un matraz y se expondrá a ebullición por 4 h. El solvente se recuperará por destilación y el matraz se secará en un horno a 100°C por 30 min. El análisis se realizará por triplicado y se calculará mediante la Ecuación 6.

$$\%G = \frac{W_2 - W_0}{W_1} \times 100 \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde: W₀ = Peso del balón vacío (g); W₁ = Peso de la muestra original (g); W₂ = Peso del balón con grasa (g).

2.2.2.5. Fibra dietética

Basado en la metodología propuesta por AOAC 985.29. Se pesó 2g de la muestra en un vaso de precipitación, a continuación se añadió 40ml de buffer tampón fosfato de pH 6

más 0,5 mL de la solución α -amilasa, cubriéndose con papel aluminio para llevarlo a un baño de agua de entre 98-100°C con agitación continua durante 30 minutos. Luego se dejó enfriar a 60°C y se añadió 0,1 mL de solución de proteasa, se cubrió y se colocó nuevamente en el baño de agua con agitación continua durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo se dispensó 5mL de HCl 0,561 N ajustando el pH a 4,5, se añadió 0,2 mL de amiloglucosidasa, tapando y dejando a 60°C con agitación por 30 minutos.

A continuación, se agregó a la muestra 225 mL de etanol al 95% a 60 °C, dejando precipitar por 1h. Para la filtración se taró el crisol que contenía célite y con 15 mL de etanol al 78% se distribuyó el célite. Posteriormente se transfirió el precipitado al crisol aplicando succión. El residuo fue lavado gradualmente en dos porciones con 20 mL de etanol al 78%, 10 mL de etanol al 95% y 10mL de acetona. El crisol que contenía los residuos fue secado durante 12h a 103°C, se colocó y se dejó enfriar en un desecador para registrar su peso. Se evaluó el contenido de proteína en una porción y cenizas en la otra. Se realizó un blanco y se determinó mediante la Ecuación 7.

$$B = \frac{BR_1 - BR_2}{2} - BP - BC \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde: B = Blanco (mg); BR₁= Peso residual 1 del blanco; BP= Peso de proteína (mg) de BR₁; BC= Peso de cenizas (mg) de BR₂. Mediante la Ecuación 8 se determinó el contenido de fibra dietética en el spaghetti.

$$\%FDT = \frac{\frac{R_1 - R_2}{2} - P - C - B}{\frac{m_1 - m_2}{2}} * 100 \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde: m₁ = Peso de la muestra 1; m₂ = Peso de la muestra 2; R₁= peso residual de m₁; R₂= peso residual de m₂; P= Peso de proteínas de R₂; C= Peso de cenizas de R₁; B= Blanco.

2.2.2.6. Carbohidratos totales

Se determinó siguiendo la metodología de **A. Ramírez (2015)**. Los carbohidratos y calorías totales se calcularon mediante la Ecuación 9.

$$\text{Carbohidratos totales} = 100\% - \%proteínas - \%grasa - \%fibra - \%humedad - \%cenizas \quad (\text{Ec. 9})$$

2.2.3. Color

Se determinó usando un colorímetro Lovibond (LC100, USA), mediante la metodología descrita por Mejía and Quintanilla (2018), se determinarán los valores L^* que describen la luminosidad (0 negro a 100 blanco), los valores a^* que describen la tendencia al rojo (positivo) y verde (negativo), los valores b^* que describen la tendencia al amarillo (positivo) y azul (negativo), en fideos crudos y triturados. Se realizaron 3 sesiones de 15 lecturas por cada formulación del spaghetti triturado. La coordenada polar (C^*) y el tono (h^*) se calculó con las Ecuaciones 10 y 11.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{Ec. 11})$$

2.2.4. Propiedades funcionales

Las propiedades fueron determinadas en muestras de spaghetti cocido.

2.2.4.1. Tiempo de cocción

Se evaluó según la metodología descrita en **Schoenlechner et al. (2010)**. En un vaso de precipitación de 500 mL, se añadió 250 mL de agua mineral. Se llevó a ebullición (sin añadir sal) y se colocó 25 g de fideos en trozos pequeños sin detener el calentamiento. Cada minuto se sacará una porción de fideo y se presionará entre dos porta objetos. En el momento en el que ya no se pudo ver un núcleo blanco fue cuando se alcanzó el tiempo de cocción. Los ensayos se realizaron por triplicado.

2.2.4.2 Pérdida por cocción

En el momento de la cocción de la pasta, una fracción se disolvió en el agua. La pérdida de sólidos es más pequeña cuanto mejor se desarrolla la red de **proteínas** (**Schoenlechner et al., 2010**). Se determinó decantando el agua restante de la cocción de los fideos en un vaso de precipitación y se evaporó hasta obtener un residuo sólido. Los ensayos se realizaron por triplicado y se calculó el porcentaje mediante la Ecuación 12.

$$P_c \% = \frac{P_2 - P_1}{P_m} \times 100 \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde: P_c = pérdidas por cocción; P_1 = peso del vaso vacío (g); P_2 = peso del vaso con el residuo sólido (g); P_m = peso de la muestra inicial (g).

2.2.4.3. Porcentaje de hinchamiento

Se utilizó la metodología propuesta por **Caperuto et al. (2000)**. Se sometió a cocción 25 g de spaghetti, tomando en cuenta el tiempo de cocción. Posteriormente se filtró el líquido y se pesó la pasta cocida a temperatura ambiente. Los ensayos se realizaron por triplicado y el porcentaje de hinchamiento se calculó mediante la siguiente Ecuación 13.

$$\% \text{ Hinchamiento} = \left[\frac{\text{Pasta cocida (g)} - \text{Pasta cruda (g)}}{\text{Pasta cruda (g)}} \right] \quad (\text{Ec. 13})$$

2.2.5. Determinación de textura

Se evaluó utilizando un Texturómetro Brookfield CT3 10K en muestras de spaghetti cocinadas. Se pesaron 13 g de muestra cortados en fragmentos de 3 cm aproximadamente, se cocinó de acuerdo al tiempo de cocción, se escurrió y se dejó enfriar durante 10 min. Luego se procedió a colocar la pasta en la celda Ottawa llevando los análisis de dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, firmeza y masticabilidad a una velocidad de 1mm/s, con una fuerza de 0,07N y a una deformación del 40%. Se realizaron 3 réplicas de 30 repeticiones por cada muestra.

2.2.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las muestras de spaghetti fueron tabulados en el programa informático Excel y reportados como el promedio de tres replicas para cada determinación fisicoquímica y tecnofuncional con su correspondiente desviación estándar para su análisis. Se trabajó con el modelo de diseño unifactorial completamente aleatorizado. El análisis estadístico se desarrolló con el software Statgraphics para el spaghetti de la formulación uno (achira, zanahoria blanca, chocho, mashua y oca), formulación dos (achira, papa china, chocho, mashua y oca) y la muestra control (harina de trigo) con 3 observaciones por cada característica fisicoquímica y tecnofuncional. Se empleó la prueba de Tukey para la comparación por pares con un nivel de confianza del 95%.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Análisis fisicoquímicos

En la tabla 3 se muestran los valores de acidez y pH. Los valores de acidez expresados en ácido tartárico fueron menores a 2%, no se observa diferencia significativa, por lo que se podría inferir que el reemplazo de zanahoria blanca por papa china no influye sobre este parámetro en las formulaciones planteadas. Según **Ocaña (2019)**, la harina de mashua es aquella que contiene mayor porcentaje de acidez (1,03%) y el chocho es el que contiene menor valor (0,12%), expresada en porcentaje de ácido tartárico, al poseer las dos formulaciones la misma cantidad de estas materias primas la acidez no se ve influenciada por una matriz externa, en este caso papa china o zanahoria blanca. **Mejía and Quintanilla (2018)**, mencionan que la acidez en fideos secos debe ser menor a 10%, lo que indica que todas las formulaciones evaluadas cumplen con el parámetro de inocuidad. Además, los valores obtenidos son similares a los reportados por **Olano (2018)**, quienes elaboraron fideos con sustitución parcial de harina de trigo por amaranto y cuyos valores oscilan entre 4,13 y 5,38. El pH es un parámetro que desempeña un papel importante en la elaboración de los fideos ya que influye en el mantenimiento de la inocuidad del producto (**Gao et al., 2018**). Los valores de pH mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) en cada tratamiento y sus valores son muy cercanos a la neutralidad, siendo la muestra control aquella que posee el valor más elevado.

Tabla 3. Valores de acidez y pH en los fideos

Tratamientos	Acidez (% ácido tartárico)	pH
F1	0,15±0,01 ^a	6,782±0,01 ^a
F2	0,15±0,01 ^a	6,699±0,04 ^b
Control	0,13±0,01 ^b	6,877±0,01 ^c

Los superíndices (a, b y c) indican diferencia significativa entre las filas de acidez y pH, evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza.

3.1.2. Análisis proximal

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la composición proximal de los fideos, se observó diferencia significativa en el contenido de proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos totales entre los tratamientos y el control ($p < 0,05$), en los valores del porcentaje de humedad no se observa diferencia significativa ($p > 0,05$). Los valores de humedad son superiores a 11%, sin embargo, no sobrepasan 14%, el tratamiento F2 que contiene harina de papa china contiene un porcentaje de humedad superior a F1 y a la muestra control, así mismo es de importancia señalar que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma **INEN 1375 (2000)** que manifiesta, que los fideos secos deben contener un porcentaje de humedad máximo del 14%. Los datos obtenidos se asemejan a los reportados por **Olano (2018)**, con 11,36% en fideos con sustitución parcial de harina de mashua y zanahoria. Así mismo, **Ponce (2015)**, reporta una humedad de 11,28% en fideos elaborados con harina de trigo y **Salazar (2015)**, muestran un porcentaje de humedad del 10,57% en pasta larga elaborada a partir de harina de palmito en donde para la elaboración de la pasta se utilizó goma xanthan como hidrocoloide. **Gao et al. (2018)**, menciona que es viable usar este tipo de goma en fideos libres de gluten ya que tiene la capacidad de retener la humedad del producto en el almacenamiento evitando que se formen grietas y terminen fracturándose.

El contenido de proteína más bajo se mostró en la muestra control, seguido del tratamiento F1. La diferencia entre formulaciones radica en que F1 tiene zanahoria blanca y F2 harina de papa china, en este sentido, es importante señalar que la papa china tiene un contenido de proteínas de 5,17% mayor al de la zanahoria blanca con 2,2% por cada 100 g, lo que contribuye a que F2 presente un valor superior de proteína que F1 (**Pineda, 2013; Rodríguez et al., 2000**). La harina de chocho es una fuente rica de proteína, **Ponce (2015)** menciona que el contenido de proteína en harina es del 56,40% por cada 100g. La disminución de proteínas en los fideos secos probablemente se deba a la temperatura aplicada en el proceso de secado de los fideos. Según **Badui (2016)** menciona que las proteínas tienden a desnaturalizarse entre 60°C a 70°C, y las proteínas con un alto contenido de aminoácidos como la Val, Leu, Ile y Phe resultan ser más estables. El valor obtenido en la muestra control es inferior a los reportados por **Vedia, Gurak, Espinoza, and Ruano (2016)** y **Ponce (2015)** con 13,18% y 13,63%. Según la norma **INEN 1375 (2000)** menciona, que el contenido mínimo es del 10,5% en fideos elaborados con harina de trigo. La ingesta diaria recomendada de proteína es de

0,36 g por cada kilogramo de peso corporal, aumentando su consumo en niños, adolescentes y madres lactantes (**Díaz, 2014**).

Con relación a los valores de fibra se pudo evidenciar que los fideos elaborados con harina de cultivos andinos y plátano de rechazo presentan mayor cantidad de fibra que la muestra control, estos resultados podrían ser atribuidos al uso de tubérculos integrales, es decir con cáscara, en donde se encuentra la mayor cantidad de fibra (**Ayala, 2004**). Los tratamientos F1 y F2 son similares entre si y mayores a los reportados por **Granito, Torres, and Guerra (2003)** en fideos a base de trigo, maíz, yuca y frijol. Los fideos que contienen un alto contenido de fibra ayudan a la recuperación de energía, evitar problemas cardiacos, contribuye a solventar problemas de estreñimiento y diabetes (Inglett, Chen, Liu, & Lee, 2014). Según **Giménez et al. (2013)** menciona que la ingesta de fibra recomendada es de 20-30g/día, por lo que 140g de F1 y F2 sería lo ideal para cumplir este requerimiento.

Tabla 4. Resultados del análisis proximal de los fideos

Tratamientos	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos totales (%)
F1	11,29±0,27 ^a	6,98±0,68 ^a	7,11±0,01 ^a	16,2±0,01 ^a	2,92±0,03 ^a	55,50±0,26 ^a
F2	11,60±0,28 ^a	16,6±0,68 ^b	7,56±0,01 ^b	16,1±0,01 ^b	3,46±0,06 ^b	44,68±0,31 ^b
Control	11,26±0,05 ^a	5,18±0,68 ^c	1,84±0,01 ^c	7,38±0,01 ^c	0,85±0,01 ^c	73,49±0,18 ^c

Diferentes letras (a, b y c) indican diferencia significativa entre muestras, evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza.

Los valores de materia grasa en las formulaciones presentan diferencia significativa, las formulaciones elaboradas muestran valores superiores al control, principalmente atribuido al contenido de grasa de las harinas de cultivos andinos y residuos agroindustriales (achira 0,63%, mashua 0,59%, zanahoria blanca 0,69% y chocho 17,78%, papa china 0,73% y plátano 1,05%) (**Lucas, Quintero, & Valencia, 2013; Ocaña, 2019**). Es importante señalar que uno de los principales aportes de materia grasa a las formulaciones corresponde a la harina de chocho debido al alto contenido de grasa que posee, según **Villacrés, Rubio, Egas, and Segovia (2006)**, los ácidos grasos que predominan en esta leguminosa es el ácido oleico (40,40%), linoleico (37,10%) y linolénico (2,90). Los valores obtenidos en el presente estudio concuerdan con los reportados por **Ponce (2015)**, que reporta un valor de 7,94% de grasa en fideos elaborados a partir de harina de chocho. El extracto etéreo de los alimentos varía de acuerdo a su formulación, en este caso, con la mezcla las harinas de cultivos andinos, plátano y huevo que da como resultado un producto con alto porcentaje de materia

grasa, pero, de carácter saludable debido a su origen. El porcentaje de cenizas fue de 3,46% en F1, 2,92% en F2 y 0,85% en la muestra control. Estas diferencias podrían ser atribuidas a la cantidad de minerales presentes en las harinas de los cultivos andinos, en especial en la harina de papa china y zanahoria blanca, ya que son las harinas que varían en cada formulación. Según **J. Ramírez, Juárez, Herrera, Navarro, and Hernández (2011)**, mencionan que el valor de cenizas en la harina de la papa china es de 4,02% y que este tipo de harina es rica en minerales como hierro, fósforo y calcio, primordialmente el oxalato de calcio. Por otro lado, **Jordán (2018)** reporta un porcentaje de cenizas en harina de zanahoria blanca de 2,75%; además menciona que es rica en calcio y hierro. (**J. Ramírez et al., 2011**). Finalmente se determinó por diferencia los carbohidratos totales, donde se observó que la muestra control fue la que obtuvo el mayor valor en relación con las formulaciones que poseen cultivos andinos. Los carbohidratos son importantes en la dieta de los seres humanos porque son aquellos que brindan energía, aportando 4 Kcal/g al igual que las proteínas (**Badui, 2016**).

3.1.3. Color

Los parámetros de color CIE L*, a*, b*, C* y h se muestran en la Tabla 5. Todos los parámetros mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$). En el caso de L* se puede establecer que las formulaciones F1, F2 tienen tendencia a ser oscuras, mientras que la muestra control tiene una clara tendencia a ser blanquecina. Los valores del parámetro a* muestran tendencia hacia los colores rojos claros, así mismo se evidencia que este parámetro es completamente diferente al control, posiblemente atribuido a la presencia de cianinas presente en las harinas de mashua y achira en poca concentración (**Inglett et al., 2014**). Sin embargo, F1 tiende acercarse más al rojo que F2. Los resultados experimentales obtenidos presentan similitud con los reportados por **Susanna and Prabhasankar (2013)** quienes elaboraron una pasta libre de gluten con harina de soya, garbanzo y sorgo con adición de goma xanthan, también se asemejan con los valores reportados por **Chauhan, Saxena, and Singh (2017)**, en pasta elaborada con harina de amaranto utilizando goma acacia y tragacanto al 1%, pero no guardan concordancia con respecto al control ya que reportan un valor de 1,92 y 1,69.

Tabla 5. Parámetros de color de la pasta tipo spaghetti.

Tratamientos	L*	a*	b*	C*	°H
F1	61,438±0,98 ^a	5,411±0,12 ^a	22,373±0,24 ^a	23,018±0,22 ^a	76,404±0,16 ^a
F2	63,202±0,26 ^b	4,847±0,08 ^b	21,202±0,27 ^b	21,749±0,28 ^b	77,124±0,11 ^b

Control	83,000±0,22 ^c	3,100±0,14 ^c	17,322±0,34 ^c	17,598±0,35 ^c	79,856±0,30 ^c
---------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Los superíndices (a, b y c) indican diferencia significativa en parámetros del espacio de color CIElab (L*, a*, b*, C* °H) evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza

Los valores del parámetro b* tienen inclinación hacia los colores amarillos. Se observa que los datos de F1 y F2 se acercan mucho más al color amarillo debido a la presencia de xantofilas, carotenoides (luteína y zeaxantina) y flavonoides en la harina de mashua, chocho y oca y por ende son diferentes de la muestra control. Los valores proporcionados por **M. Ramírez et al. (2019)**, en fideos elaborados a partir de harina de yuca y por **Chauhan et al. (2017)** en harina de amaranto son cercanos a los obtenidos experimentalmente en la formulación 2. **Manthey and Schorno (2002)** mencionan que, un secado a alta temperatura proporciona una mejora en el color del spaghetti.

Respecto con los resultados de tono (°H), la formulación F1 obtuvo el valor más bajo (76,404), sin embargo, todas las muestras de fideos tienden a desplazarse a la zona de los amarillos intensos. En relación a los valores de cromaticidad la muestra control se acerca a la zona de los amarillos menos saturados. Los valores de °H y C* se obtienen a partir de los valores de a* y b*, los cuales tiene similitud a los reportados por **Steffolani, De la Hera, Pérez, and Gómez (2014)** en fideos elaborado a partir de harina de chía. El color de los alimentos es atribuido al color de la materia prima utilizada, también por el pardeamiento no enzimático como la reacción de Maillard, producido por la temperatura aplicada en el secado ya que los tubérculos contienen azúcares reductores y aminoácidos (**Fennema, 2000; Purlis, 2010; Steffolani et al., 2014**).



Figura 9. Fideos secos formulación 1 (A), formulación 2 (B) y control (C)

Adicionalmente, en cada formulación se añaden en mayor proporción la harina de achira, papa china, zanahoria blanca y mashua. Son las harinas que atribuyen en mayor cantidad azúcares y pigmentos proporcionando un color marrón en los fideos que brinda cierta apariencia a una pasta de trigo integral (**Silva, 2019**). Según **Campos et al. (2006)**, la mashua amarilla es el tubérculo que posee mayor contenido azúcares, que

durante el proceso de elaboración de la harina se caramelizan, portando un color marrón. Además, la achira contiene una enzima llamada polifenol oxidasa, aquella cataliza la oxidación de compuestos fenólicos transformándolos en pigmentos oscuros (Suárez, Andreu, Colman, Clausen, & Feingold, 2009). Yilmaz, Kaya, and Karaman (2017), menciona que el color de los alimentos es esencial al momento de ingerirlos porque los consumidores imaginan sabores y esto influye en su aceptabilidad o rechazo del producto.

3.1.4. Propiedades funcionales

En la Tabla 6 se observan los valores de los parámetros de calidad de la pasta. En el tiempo de cocción se observa que existe diferencia entre muestras ($p < 0,05$). Los resultados permiten establecer que la muestra control posee un tiempo de cocción mayor en comparación a los fideos producidos a partir de harinas de cultivos andinos. Rachman, Brennan, Morton, and Brennan (2019), dice que el tiempo de cocción está en función a la calidad del trigo duro el cual es medido por su nivel de proteínas, el mismo que debería ser elevado, además va a depender de la altitud y de la cantidad de calcio en el agua. Los factores que influyen a un tiempo de cocción elevado en pastas libres de gluten es la poca cantidad de la goma utilizada así como el tamaño de partícula de la harina, en el presente estudio se utilizó 1g de goma xanthan y un tamaño de partícula de 250 μm , que podrían influir sobre el parámetro de tiempo de cocción (Gatade & Sahoo, 2015).

Tabla 6. Propiedades funcionales de la pasta tipo spaghetti

Tratamientos	Tiempo de cocción (min)	Perdidas por cocción (%)	Hinchamiento (%)
F1	14,333 \pm 1,53 ^a	16,257 \pm 5,56 ^a	1,925 \pm 0,25 ^a
F2	13,260 \pm 2,70 ^a	14,706 \pm 6,41 ^a	1,803 \pm 0,10 ^a
Control	19,627 \pm 1,84 ^b	12,268 \pm 3,44 ^a	2,105 \pm 0,26 ^a

Los superíndices (a, b y c) indican diferencia significativa evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza

Con respecto a las pérdidas por cocción no se evidenció diferencia significativa ($p > 0,005$). Se pudo observar que la pasta F1 cuya formulación contiene zanahoria blanca es mayor a F2 que tiene papa china y a la muestra control. Los valores experimentales son menores con respecto a los datos reportados por Rachman et al. (2019), en pasta elaborada a partir de harina de yuca y plátano; estos resultados podrían

evidenciar que los fideos desarrollados tienen un mejor fortalecimiento de las fuerzas de unión dentro de los gránulos de almidón atribuido posiblemente al contenido de fibra de las materia primas (**Gatade & Sahoo, 2015**). Los resultados en el porcentaje de hinchamiento permitieron establecer que no existió diferencia significativa entre los tratamientos y el control ($p > 0,005$). La muestra F1 fue aquella con el valor más alto, el contenido de proteína en las pastas sin gluten es menor que la pasta de trigo debido a que no poseen suficiente gluten para formar una red de unión con el almidón y por se observa una reducción en el porcentaje de hinchamiento (**Padalino, Conte, & Del Nobile, 2016**). Así mismo, es importante señalar que la variación en el porcentaje de hinchamiento entre F2, F2 y el control es mínima, lo que podría ser in indicativo que las proteínas de los cultivos andinos (gliadina y glutenina) tendrían un comportamiento similar en los parámetros de hinchamiento. **Kolarič, Minarovičová, Lauková, Karovičová, and Kohajdová (2019)** mencionan que la importancia de este parámetro es determinar si la pasta cocinada resulta ser firme o elástica (formación de una red fuerte de proteínas) o pegajosa y suave (red débil de proteínas). Los valores reportados por **Kolarič et al. (2019)**.

3.1.5. Textura

Los valores del perfil de textura se muestran en la Tabla 7, el análisis estadístico no indica diferencia significativa ($p > 0,05$) en la dureza, elasticidad y masticabilidad, pero si existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en los parámetros de adhesividad, firmeza y cohesividad. En el parámetro dureza, la muestra control fue aquella con el valor más alto, el aumento de la dureza en el spaghetti podría ser atribuido a la concentración de proteínas en cada tratamiento (**Duta, Culetu, & Sozer, 2019**). Obtener una adhesividad baja en la pasta es un indicativo positivo, se observa que los datos obtenidos son bajos y los tratamientos F1 y F2 no se vieron afectados por la formulación ya que presentan similitud en los resultados obtenidos. La adhesividad depende del proceso tecnológico que se haya usado para la elaboración del alimento y de la calidad de la red de proteínas para mantener el almidón en su posición (**Sosa, Califano, & Lorenzo, 2019**). **Larrosa, Lorenzo, Zaritzky, and Califano (2016)**, mencionan que es necesario un contenido de proteínas alto, con el propósito de que estas tengan resistencia ante la hinchazón del almidón durante la cocción y evitar al final obtener una pasta pegajosa con un alto porcentaje de pérdidas de cocción. La firmeza de la pasta cocida es la resistencia de la

pasta durante la masticación. Según **Sosa et al. (2019)**, un valor alto en la firmeza, quiere decir que se necesita mayor fuerza para comprimir el alimento entre las muelas o entre la lengua y el paladar. En este sentido, se observa que la muestra control resulto obtener un valor más alto que F1 y F2. La cohesividad en las pastas libres de gluten está en función de los almidones, las proteínas y los hidrocoloides usados para la formación de la red (**Larrosa et al., 2016**). La cohesividad es un indicador de como el fideo se mantiene unido después de ser cocinado gracias a la fuerza de los enlaces internos (**Larrosa et al., 2016; Sosa et al., 2019**). El tratamiento F1 obtuvo un valor más bajo que F2 y el control.

Tabla 7. Resultado del perfil de textura de fideos almacenados a 25°C y 30 HR.

Tratamientos	Dureza (N)	Adhesividad (J)	Elasticidad (mm)	Firmeza (N)	Cohesividad	Masticabilidad (J)
F1	9,413±5,66 ^a	0,002±0,00 ^a	18,777±12,98 ^a	3,565±1,58 ^a	0,378±0,10 ^a	0,062±0,04 ^a
F2	9,332±4,78 ^a	0,002±0,00 ^{ab}	16,667±11,70 ^a	4,039±1,38 ^{ab}	0,452±0,11 ^{ab}	0,073±0,05 ^a
C	10,961±3,15 ^a	0,001±0,00 ^b	14,753±8,32 ^a	5,796±2,64 ^b	0,489±0,10 ^b	0,081±0,06 ^a

Los superíndices (a, b y c) indican diferencia significativa evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza

La masticabilidad también está relacionada con la fuerza elástica que proporcionan las proteínas. La muestra control obtuvo el valor más alto de masticabilidad a pesar de que F1 y F2 obtuvieron un mayor contenido de proteínas, sin embargo, es claro que el gluten de la muestra control le proporciona esa fuerza elástica, así mismo, F1 mostró ser menos masticable que F2 posiblemente atribuido a que F2 contiene un mayor volumen de proteínas y es una fuente rica en fibra, por lo tanto necesita mayor energía para ser masticado (**Vivas & Sangronis, 2018**). Resultados similares fueron reportados por **Chauhan et al. (2017)**, en fideos con harina de trigo que obtuvieron un valor más alto que las muestras de fideos libres de gluten. Los parámetros de textura en función del tiempo mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$), a diferencia de la masticabilidad ($p > 0,05$). Los tratamientos F1 y F2 mostraron una disminución en la dureza, adhesividad, elasticidad, firmeza, cohesividad y masticabilidad. Conforme transcurrieron los 16 días de almacenamiento, los fideos tuvieron una ganancia de humedad, lo que originó su ablandamiento. La humedad migra hacia el interior del fideo, produciendo el hinchamiento y gelatinización de los almidones, por ende la temperatura y la humedad son factores de control en la calidad de las pastas (**M. Ramírez et al., 2019**).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se desarrolló y se elaboró fideos con diferente formulación a partir de la mezclas de harina de achira, chocho, mashua, oca, papa china, zanahoria blanca y plátano. Se empleó un hidrocoloide (goma xhantan), huevo y agua, logrando obtener un producto libre de gluten. Siendo una nueva alternativa para el consumidor y a su vez aprovechando alimentos que se están perdiendo y desechando.
- En el análisis fisicoquímico, el reemplazo de zanahoria blanca por papa china proporciona la misma acidez, ambas se encuentran dentro de los parámetros de inocuidad ya que los valores obtenidos son menores al 10% y son cercanas a la neutralidad. El parámetro de humedad se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma INEN 1375:2000 para fideos secos, siendo este un factor a considerar en este tipo de alimento. La formulación 2, obtuvo mayor contenido de proteínas, grasa y cenizas, debido a la incorporación de harina papa china. Por otro lado, ambas formulaciones tiene valores altos de fibra, dado que se utilizó harinas integrales.
- Los valores obtenidos de los parámetros CIE L*, a* y b* son positivos. Lo que indica que, las formulaciones F1 y F2 tienen coloraciones claras con tendencia hacia el rojo y amarillo. El color de los fideos es atribuido por el color de las harinas; las harinas que se colocaron en mayor proporción fueron las de achira, zanahoria blanca, papa china y mashua y por ende las que atribuyen azúcares y pigmentos al fideo, obteniendo un producto de color marrón.
- El tiempo de cocción de las formulaciones F1 y F2, fueron menores que la muestra control, pero aumentaron su porcentaje en las pérdidas de cocción. El contenido de proteínas de los fideos F1 y F2, permite que se forme una red de proteínas similar a la proteína del gluten, por tal motivo el porcentaje de hinchamiento se asemeja a la muestra control elaborada con harina de trigo.
- La textura de los fideos está en función de la red de proteínas que se forma. Los tratamientos F1 y F2 mostraron una disminución en todos sus parámetros de textura

en el transcurso de 16 días de almacenamiento. Siendo la temperatura, humedad, el empaque y la manipulación factores de control que influyen en la calidad.

MATERIALES DE REFERENCIA

5.1. BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. *Seminario, J. et al.(Edts). Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento ya la capacitación*, 101-112.
- Badui, S. (2016). *Química de los alimentos* (Cuarta ed.): México, Pearson Educación.
- Barrera, V. (2003). *Raíces y tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (Vol. 4): International Potato Center.
- Barrera, V., Espinosa, A., Tapia, B., Monteros, Á., & Valverde, F. (2004). Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador.
- Bonete, M., Urquizo, C., Guevara, R., & Yáñez, P. (2016). Estudio de cuatro tubérculos y raíces tuberosas no tradicionales de la sierra centro de Ecuador y su potencial de uso en platos de autor. *Qualitas*, 12, 37-67.
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481-1488.
- Caperuto, L., Farfan, J., & Camargo, C. (2000). Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(1), 95-101.
- Ccahua, V. (2015). Fortificación de fideos con polvo de zanahoria.
- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2017). Effect of hydrocolloids on microstructure, texture and quality characteristics of gluten-free pasta. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1188-1195. doi: 10.1007/s11694-017-9495-4

- Diaz, C. (2014). *Ama tu cuerpo: El poder, la fortaleza y la ciencia para lograr un cuerpo sano y maravilloso*: Aguilar.
- Duta, D. E., Culetu, A., & Sozer, N. (2019). Effect of dry fractionated hybrid protein ingredients on the structural, textural, thermal and sensory properties of gluten-free oat and faba pasta. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3205-3215. doi: 10.1111/ijfs.14297
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos 3ª Ed. Zaragoza: Acribia*.
- Gao, Y., Janes, M. E., Chaiya, B., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Prinyawiwatkul, W. (2018). Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 19-32. doi: 10.1111/ijfs.13505
- Gatade, A., & Sahoo, A. (2015). Effect of additives and steaming on quality of air dried noodles. *J Food Sci Technol*, 52(12), 8395-8402. doi: 10.1007/s13197-015-2013-y
- Gil, M., Cardona, N., Acosta, M., Millán, L., Villa, G., Rocha, L., . . . Vélez, L. (2012). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación.
- Giménez, M., Bassett, M., Lobo, M., & Samman, N. (2013). Fideos libres de gluten elaborados con harinas no tradicionales: características nutricionales y sensoriales.
- Grace, M., Yousef, G., Gustafson, S., Truong, V., Yencho, C., & Lila, M. (2014). Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. *Food Chemistry*, 145, 717-724.
- Granito, M., Torres, A., & Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*, 28(7), 372-379.

- Hooper, S., Glahn, R., & Cichy, K. (2019). Single varietal dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) pastas: nutritional profile and consumer acceptability. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(3), 342-349. doi: 10.1007/s11130-019-00732-y
- INEN 1375, N. T. E. N. (2000). 1 375: 2000, PASTAS ALIMENTICIAS O FIDEOS. *REQUISITOS Primera Edición Department, University of Massachusetts, Amherst*, 46(2), 446-453.
- Inglett, G., Chen, D., Liu, S., & Lee, S. (2014). Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 148-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.07.011>
- Jacobsen, S., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los andes centrales*, 28, 458-482.
- Jacobsen, S., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología Y Antropología*, 13(36), 14-24.
- Jiménez, F. (2005). Características nutricionales de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y sus perspectivas en la alimentación. *Red Peruana de Alimentación y Nutrición (r-PAN)*.
- Jordán, R. (2018). Desarrollo de una fórmula para un postre instantáneo a partir de harinas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) y zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne).
- Kolarič, L., Minarovičová, L., Lauková, M., Karovičová, J., & Kohajdová, Z. (2019). Pasta noodles enriched with sweet potato starch: Impact on quality parameters and resistant starch content. *Journal of texture studies*.
- Lalaleo, D. (2017). *Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir de harina y residuos de banano de rechazo*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.
- Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2016). Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *Lwt*, 70, 96-103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.039>

- Lucas, J., Quintero, V., & Valencia, C. (2013). Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum* L.). *Acta Agronómica*, 62(2), 83-96.
- Mai, R., & Hoffmann, S. (2012). Taste lovers versus nutrition fact seekers: how health consciousness and self-efficacy determine the way consumers choose food products. *Journal of Consumer Behaviour*, 11(4), 316-328.
- Manthey, F., & Schorno, A. (2002). Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*, 79(4), 504-510.
- Mejía, R., & Quintanilla, J. (2018). Desarrollo de pastas elaboradas a base de harina de trigo y lechuga (*Lactuca sativa*) deshidratada en polvo o harina de cáscara de zanahoria (*Daucus carota*).
- Morillo, A., Morillo, Y., & Tovar, Y. (2016). Caracterización molecular de cubios (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón) en el departamento de Boyacá. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33, 32-42.
- Nielsen, S. S. (2010). *Food analysis*: Springer.
- Ocaña, I. (2019). *Caracterización fisicoquímica, nutricional y reológica de cultivos andinos infrutilizados*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- Olano, J. (2018). Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo por pasta de mashua (*tropaeolum tuberosum*) y extracto de zanahoria (*daucus carota* l).
- Padalino, L., Conte, A., & Del Nobile, M. (2016). Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 5(4), 87.
- Peñaranda, L., Montenegro, S., & Giraldo, P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *RIAA*, 8(2), 141-150.
- Pineda, S. (2013). *Utilización de la harina de malanga (*xanthosoma sagittifolium*) en la obtención de productos de panificación*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. FACULTAD: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.

- Ponce, M. (2015). *Fideos con harina de chocho un estudio demuestra la ganancia en contenido nutricional de una pasta alimenticia y la conservación de sus propiedades, al sustituir parte de la sémola de trigo por harina de chocho*. Quito: USFQ, 2015.
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products—A review. *Journal of Food Engineering*, 99(3), 239-249.
- Rachman, A., Brennan, M. A., Morton, J., & Brennan, C. S. (2019). Effect of cassava and banana flours blend on physico-chemical and glyceic characteristics of gluten-free pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(9). doi: 10.1111/jfpp.14084
- Ramírez, A. (2015). Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo.
- Ramírez, J., 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.
- Ramírez, M., Tenorio, M., Ramirez, C., Jaques, A., Nuñez, H., Simpson, R., & Vega, O. (2019). Optimization of hot-air drying conditions for cassava flour for its application in gluten-free pasta formulation. *Food Science and Technology International*, 25(5), 414-428.
- Rapelo, A. T., Castillo, P. M., & Lengua, M. D. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de investigación*, 10(2), 52-61.
- Rodríguez, G., García, H., Camacho, J., Arias, F., Rivera, J., & De la Torre, F. (2000). La harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Manual técnico para su elaboración: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA.

- Rosell, C., Cortéz, G., & Repo, R. (2009). Breadmaking use of andean crops quinoa, kañiwa, kiwicha, and tarwi. *Cereal Chemistry*, 86(4), 386-392.
- Salazar, J. (2015). *Estudio de la adición de harina de palmito (bactris gasipaes) en pasta larga a base de harina de trigo duro*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. FACULTAD: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.
- Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2010). Functional Properties of Gluten-Free Pasta Produced from Amaranth, Quinoa and Buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(4), 339-349. doi: 10.1007/s11130-010-0194-0
- Silva, D. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
- Sosa, M., Califano, A., & Lorenzo, G. (2019). Influence of quinoa and zein content on the structural, rheological, and textural properties of gluten-free pasta. *European Food Research and Technology*, 245(2), 343-353. doi: 10.1007/s00217-018-3166-5
- Steffolani, E., De la Hera, E., Pérez, G., & Gómez, M. (2014). Effect of Chia (*Salsola hispanica* L) Addition on the Quality of Gluten-Free Bread. *Journal of food quality*, 37(5), 309-317.
- Suárez, P., Andreu, A., Colman, S., Clausen, A., & Feingold, S. (2009). Pardeamiento enzimático: caracterización fenotípica, bioquímica y molecular en variedades de papa nativas de la Argentina. *Revista Latinoamericana de la papa*, 15(1), 66-72.
- Surco, F. (2004). Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica.
- Susanna, S., & Prabhasankar, P. (2013). A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 613-621.

- Thiex, N., Manson, H., Anderson, S., & Persson, J.-Å. (2002). Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85(2), 309-317.
- Vasiliu, M., & Navas, P. (2009). Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fi stulosum* L.). *Saber - Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 21(1), 70-76.
- Vedia, V., Gurak, P., Espinoza, S., & Ruano, J. (2016). Calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de tallarines producidos con sustitución parcial de sémola de trigo por harina de amaranto. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(3), 190-197.
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho: Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) alimento andino redescubierto.
- Vivas, O., & Sangronis, E. (2018). Perfil de textura instrumental y sensorial de pastas elaboradas con *Cajanus cajan* fermentada.
- Wang, S., Nie, S., & Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International*, 89, 90-116.
- Yılmaz, N., Kaya, E., & Karaman, M. (2017). Rice bran substituted Turkish noodles (erişte): textural, sensorial, and nutritional properties. *Cereal Chemistry*, 94(5), 903-908.

ANEXOS A. FOTOFRAFÍAS



Imagen 1. Secado de achira



Imagen 2. Proceso de cordado



Imagen 3. Proceso de secado de fideos

ANEXO B. DIAGRAMAS DE FLUJOS

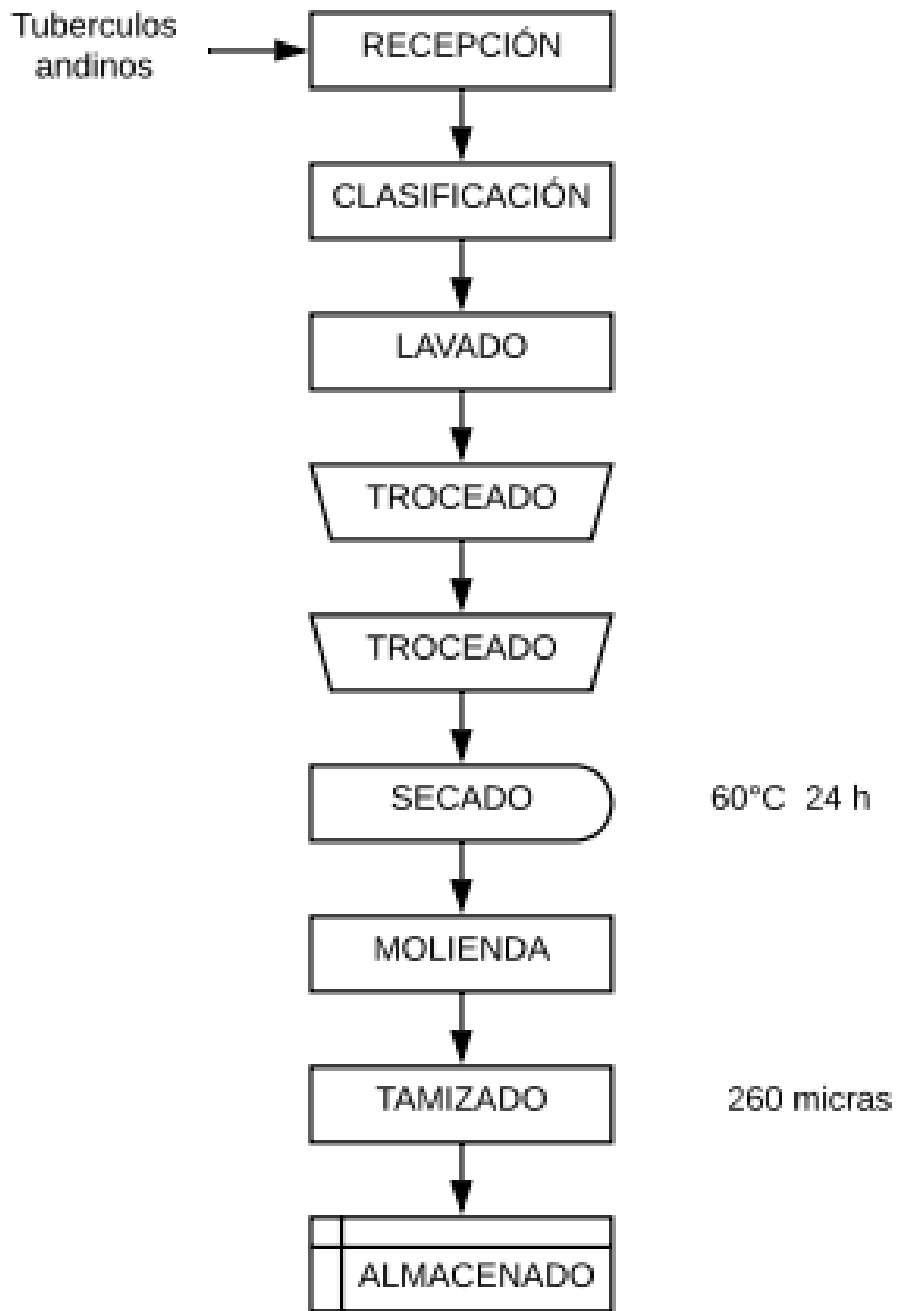


Imagen4. Obtención de las harinas de cultivos andinos

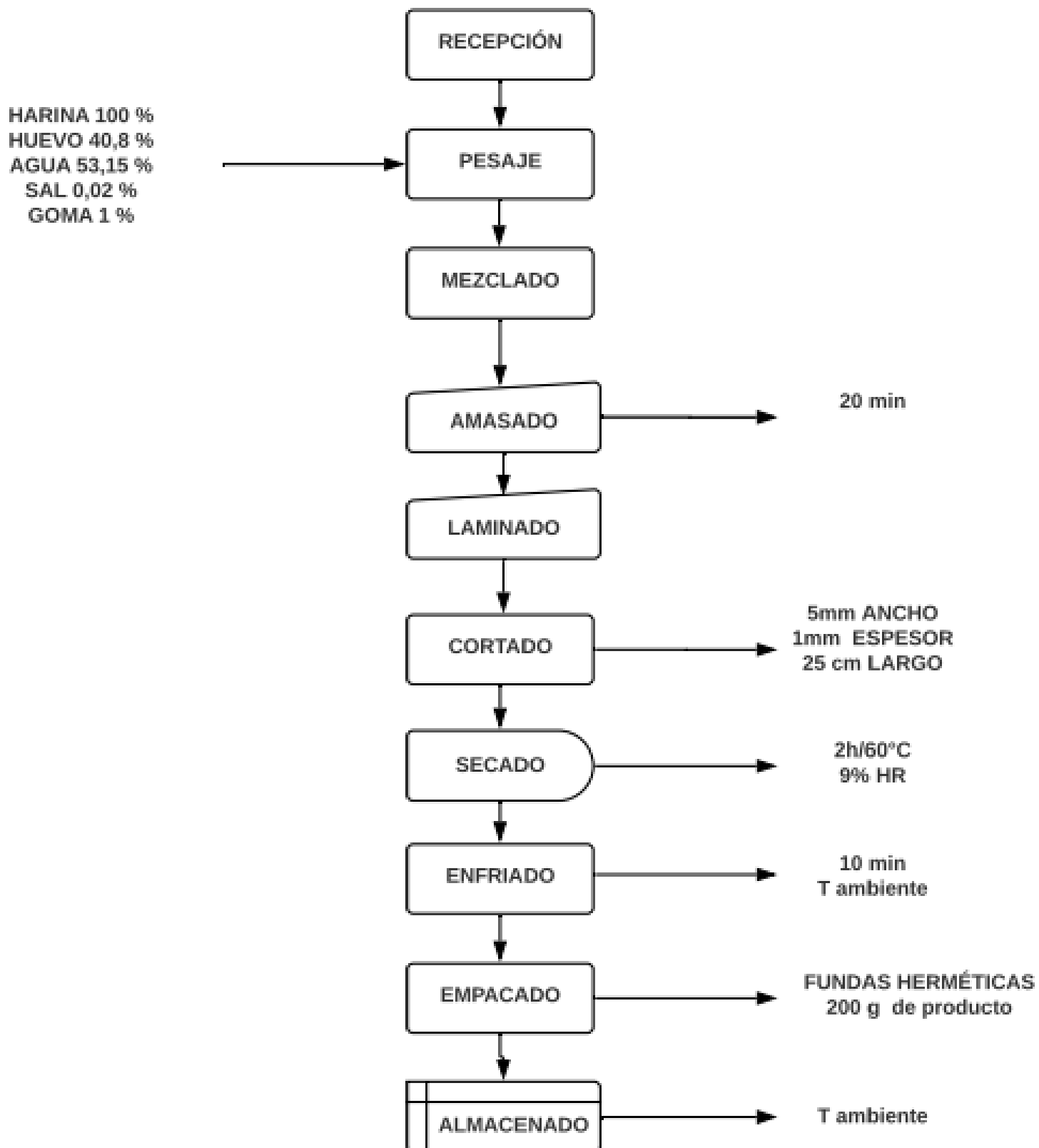


Imagen 5. Elaboración de los fideos