



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Determinación de los compuestos bioactivos y tiempo de vida útil de un spaghetti elaborado a partir de cultivos andinos 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: Dayana Belén Pruna Tapia

TUTOR: Ing. Mg Fernando Cayetano Álvarez Calvache

Ambato – Ecuador

Septiembre 2020

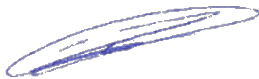
APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Mg Fernando Cayetano Álvarez Calvache

Certifica:

Que el presente Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizó la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 17 de agosto del 2020.



.....
Fernando Cayetano Álvarez Calvache. MSc.

C.I. 1801045020

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Dayana Belén Pruna Tapia, expreso que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



.....
Dayana Belén Pruna Tapia

C.I. 0503771032

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad de 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.

.....

Presidente del Tribunal

.....

Ing. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I. 1803124294

.....

Ing. Julio Cesar Sosa Cárdenas

C.I. 1716650849

Ambato, 17 de septiembre del 2020.

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Trabajo de Titulación o parte de él, como un documento libre para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en líneas primordiales de mi Trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.



.....
Dayana Belén Pruna Tapia

C.I. 0503771032

AUTORA

DEDICATORIA

*A Dios,
a mis padres, hermanos,
a mis padrinos.*

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ser el pilar fundamental para poder alcanzar mis metas, por ser mi apoyo y mi guía cuando más he necesitado. Por aconsejarme y darme siempre unas palabras de aliento cuando he estado a punto de desmayar. Por darme todo su amor y hacer un esfuerzo increíble por querer ayudarme a cumplir un sueño más. Por ser mis super héroes, porque son el regalo más grande que DIOS me ha dado.

A mis padrinos que han sido incondicionales, que siempre han estado en los momentos más difíciles de mi vida y la de mi familia. Que sin importar las circunstancias han estado siempre dándome una palabra de aliento, por ser un ejemplo de fuerza, humildad y sobre todo de valentía.

A mi tía que ha sido como mi segunda madre, que siempre ha estado en los peores y los mejores momentos de mi vida, por apoyarme y ser mi confidente, por no dejarme sola nunca a pesar de las circunstancias.

A mis pequeñitos Mishel, Dominic, Andres, Domenica y Arleth, por llenar mi vida de felicidad, y me han enseñado que el amor se puede demostrar de diferentes formas.

A mi mejor amiga, por ser incondicional, por sus consejos, por ser mi confidente durante todos los años de nuestra vida de estudiantes, por siempre ayudarme y darme un consejo sincero. Por ser como una hermana, por su valor y siempre ser positiva pese a las circunstancias.

A Roberto que ha sido mi soporte y mi apoyo en los momentos más difíciles, mi respeto y admiración hacia él.

A mis tutores Ing. Fernando Álvarez e Ing. Diego Salazar, por su valiosa ayuda, por siempre tenderme una mano en el momento que he necesitado, por ayudarme también en mi proceso de formación como profesional, por ser unos excelentes seres humanos, mi respeto y admiración.

Un agradecimiento eterno a todos por creer en mí.

Dayana Belén Pruna Tapia

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
CAPITULO I.....	15
MARCO TEÓRICO	15
1.1. JUSTIFICACIÓN	15
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1. Objetivo General	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. HIPOTESIS	16
1.3.1. Hipótesis Nula (Ho)	16
1.3.2. Hipótesis Alternativa (Hi)	17
1.4. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	17
1.4.1. Variable independiente.....	17
1.4.2. Variable dependiente.....	17
1.5. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	17
1.5.1. Tubérculos andinos	17
1.5.2. Mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	18
Variedades de Mashua	18
Composición de la Mashua	18
1.5.3. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>)	19
Variedades de Oca.....	19
Composición de la Oca	19

1.5.4. Papa china (<i>Colocasia esculenta</i>)	20
Variedades de Papa china.....	20
Composición de la Papa China.....	20
1.5.5. Achira (<i>Canna edulis</i>)	21
Variedades de Achira	21
Composición de la Achira	21
1.5.6. Zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>).....	21
Variedades de Zanahoria blanca	22
1.5.7. Leguminosas ricas en proteínas.....	22
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	22
Variedades de Chocho.....	23
Composición del Chocho	23
1.5.8. Residuos agroindustriales de la industria bananera.....	23
1.5.9. Spaghetti.....	25
1.5.10. Compuestos bioactivos en las matrices alimenticias a utilizar	26
1.5.11. Estimación del tiempo de vida útil en alimentos.....	26
CAPITULO II.....	27
METODOLOGÍA.....	27
2.1. Materiales	27
2.2. Obtención de la harina.....	27
2.3. Elaboración del spaghetti.....	27
2.4. Determinación de compuestos bioactivos	28
2.4.1. Determinación de polifenoles.....	28
2.5. Determinación del tiempo de vida útil	29
2.6. Estudio Económico.....	30
2.7. Análisis Experimental	31
CAPITULO III	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1. Análisis y discusión de los resultados	32
3.1.1. Elaboración del spaguetti.....	32
3.1.2. Determinación del contenido de polifenoles.....	34
3.1.3. Determinación del tiempo de vida útil	37
Análisis microbiológico.....	37

Evaluación del tiempo de vida útil	39
3.1.4. Estimación de costo	41
3.1.5. Verificación de hipótesis	43
CAPITULO IV	44
CONCLUSIONES.....	44
4.1. Conclusiones.....	44
BIBLIOGRAFÍA	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de plátano verde: pulpa y cáscara (%base húmeda).	25
Tabla 2. Parámetros nutricionales para pasta blanca y pasta al huevo.	25
Tabla 3. Simbología de los spaghetti a elaborar.	28
Tabla 4. Formulaciones utilizadas para la elaboración de spaghetti.	28
Tabla 5. Contenido de ácido gálico/g de muestra en los spaghetti.	34
Tabla 6. Resultados microbiológicos para los spaghetti.	38
Tabla 7. Balance de materia de los spaghetti elaborados con cultivos andinos.	63
Tabla 8. Cantidades de cada operación de elaboración de spaghetti.	63
Tabla 9. Materiales directos e indirectos (spaghetti F1).	64
Tabla 10. Materiales directos e indirectos (spaghetti F2).	64
Tabla 11. Costos de los equipos requeridos para el procesamiento de spaguettis.	65
Tabla 12. Costos de insumos básicos.	65
Tabla 13. Costos de personal.	65
Tabla 14. Inversión estimada para la elaboración de spaghetti con tubérculos andinos y residuos agroindustriales.	65

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Método de Folin Ciocalteu.	29
<i>Figura 2.</i> Formulaciones 1 (a) y 2 (b) y control (c).	34
<i>Figura 3.</i> Contenido de ácido gálico/g de muestra en los spaghetti.	37
<i>Figura 4.</i> Comportamiento microbiológico durante el almacenamiento.	40
<i>Figura 5.</i> Proceso de corte de la mashua.	66
<i>Figura 6.</i> Proceso de corte de la oca.	66
<i>Figura 7.</i> Proceso de corte de la zanahoria.	66
<i>Figura 8.</i> Proceso de secado de la mashua.	66
<i>Figura 9.</i> Oca deshidratada.	66
<i>Figura 10.</i> Chocho deshidratado.	66
<i>Figura 11.</i> Triturado de la mashua.	67
<i>Figura 12.</i> Triturado de la oca.	67
<i>Figura 13.</i> Mezcla de harinas.	67
<i>Figura 14.</i> Amasado.	67
<i>Figura 15.</i> Trefilado.	67

Figura 16. Proceso de secado (spaguettis)..... 67
Figura 17. Producto final (spaguettis). 67

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Diagramas de flujo. 60
Anexo B. Cálculos de balance de materia, rendimiento de los spaghettis. 63
Anexo C. Costos de producción de los spaghettis..... 64
Anexo D. Fotografías 66

RESUMEN

Actualmente las necesidades de grupos especiales han llevado a las industrias a desarrollar productos para satisfacer estas necesidades, también se han enfocado en recuperar y aprovechar cultivos ancestrales, así como productos procedentes de grandes industrias como es el caso del plátano. En este contexto, el presente trabajo de investigación se desarrolló con miras a aprovechar todos estos cultivos y residuos para la elaboración de un spaghetti como una alternativa más a los productos libres de gluten, esta investigación permitió determinar características bioactivas y vida útil de los mismos. Se elaboraron dos tipos de fideos F1 (Mashua, Oca, Achira, Chocho, Zanahoria Blanca, Plátano) y F2 (Mashua, Oca, Achira, Chocho, Plátano, Papa China), los resultados permitieron establecer si los porcentajes de las harinas incidieron dentro del contenido fenólico, así como el en tiempo de vida útil de cada uno de los fideos. Por consiguiente, los porcentajes de las harinas si incidieron en el contenido fenólico teniendo una diferencia significativa entre los dos spaguettis. Siendo un reto tecnológico en lo que se refiere al desarrollo de un producto con características de calidad e inocuidad aceptables. Se estimó el tiempo de vida útil en base a mesófilos aerobios y mediante un modelo predictivo se obtuvieron tiempos de 6 meses para el spaghetti F1 y 3 meses para el spaghetti F2. Finalmente, el costo de venta al público para tener una tasa de rentabilidad del 20 por ciento para el spaghetti F1 fue de 3,26 dólares y para F2 fue de 3,20 dólares.

Palabras clave: Tubérculos andinos, Residuos agroindustriales, Pasta, Compuestos bioactivos, Vida útil de alimentos.

SUMMARY

Currently, the needs of special groups have led industries to develop products to satisfy these needs, they have also focused on recovering and taking advantage of ancestral crops, as well as products from large industries such as bananas. In this context, the present research work was developed with the aim of taking advantage of all these crops and residues for the elaboration of a spaghetti as an alternative to gluten-free products, this research allowed to determine bioactive characteristics and useful life of the same. Two types of F1 noodles were elaborated (Mashua, Oca, Achira, Chocho, White Carrot, Banana) and F2 (Mashua, Oca, Achira, Chocho, Banana, Chinese Potato), the results allowed to establish if the percentages of the flours had an impact on the phenolic content, as well as the shelf life of each of the noodles. Consequently, the percentages of the flours did affect the phenolic content, having a significant difference between the two spaghetti. Being a technological challenge regarding the development of a product with acceptable quality and safety characteristics. The useful life time was estimated based on aerobic mesophiles and by means of a predictive model, times of 6 months were obtained for the F1 spaghetti and 3 months for the F2 spaghetti. Finally, the retail cost to have a 20 percent rate of return for the F1 spaghetti was \$ 3.26 and for F2 it was \$ 3.20.

Key words: Andean tubers, Agro-industrial waste, Pasta, Bioactive compounds, Food shelf life.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los cultivos andinos han formado parte principal de la alimentación de las poblaciones originarias de la zona durante décadas, debido a que son considerados como una fuente importante de nutrientes. De entre ellos destacan los tubérculos y raíces que en Ecuador son mayormente cultivados en la región Sierra, ya que presenta las condiciones de suelo y lluvia adecuadas (**Bonete, Urquiza, Guevara, & Yáñez, 2016**). Éstos suelen ser considerados como cultivos rústicos por su resistencia a climas extremos como sequía, helada y altos valores de salinidad de los suelos.

Por otra parte, en la actualidad las necesidades nutricionales de la población y de grupos especiales, han obligado a las industrias alimenticias a desarrollar productos con valor nutricional elevado, reducidos en grasa y azúcares, ricos en fibra y compuestos nutritivos. De la misma manera se buscan productos orientados a personas con necesidades alimentarias especiales, como es el caso de personas celiacas y de los alimentos con índice glicémico bajo. Sin embargo, en el desarrollo se debe considerar que sean de fácil acceso, con características sensoriales aceptables y un costo reducido.

En este sentido las harinas de los tubérculos andinos podrían ser ideales para la elaboración de alimentos libres de gluten. Además, su uso industrial generaría el inicio de su recuperación, y su aporte nutricional podría aportar al reconocimiento del mercado de las pastas. Incluso, según **Naranjo et al. (2018)** los tubérculos andinos podrían mostrar una ventaja a nivel industrial, al no influir en las características del producto terminado y contribuir a un alargamiento de la vida útil de los alimentos. Por tal razón, la harina de mashua, oca, achira, papa china y zanahoria blanca podrían presentarse como una alternativa en la elaboración de productos alimenticios (**Mejía, Salcedo, Vargas, Serna, & Torres, 2018**).

Por otra parte, la producción de pasta representa más de 14.3 millones de toneladas por año y su consumo varía entre 8 y 26 kg per cápita por año, en los diez principales países consumidores (**Wahanik, Neri, Patore, Chang, & Pedrosa, 2018**). Para el año 2011 Venezuela era el segundo consumidor de pasta a nivel mundial, con un consumo

aproximado de 12.3 kg per cápita al año (**Granito, Pérez, & Valero, 2014**), mientras que en Ecuador el consumo anual rodea las 56 mil toneladas (**Ojeda, 2016**). De todos los tipos de pasta, el spaghetti es considerado como un alimento en el que el almidón se digiere de forma lenta, siendo una ventaja debido a que la tendencia actual se inclina por este tipo de alimentos debido a los beneficios que confieren (**Almanza, 2012**).

Se debe tomar en cuenta también que en nuestro país uno de los principales productos de exportación es el plátano y de acuerdo a **Aguilar & Vera (2017)** el Ministerio de Industrias y Productividad en el año 2014 menciona que se podía aprovechar banano rechazado, pudiendo ser empleado en la elaboración de harina de plátano, que se convertiría en materia prima para ser utilizado en la preparación de alimentos horneados y así constituirse como un posible sustituto de la harina de trigo.

Sin embargo, no solamente es un reto tecnológico el desarrollo de características aceptables de un producto homólogo sin la adición de harina de trigo, si no también se persigue obtener un alimento nutritivo y estable en el tiempo. Razón por la que el objetivo del presente trabajo es la evaluación bioactiva, vida útil y sensorial de una pasta tipo spaghetti elaborada con cultivos andinos y residuos agroindustriales.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar los compuestos bioactivos y tiempo de vida útil de un spaghetti elaborado a partir de cultivos andinos y residuos agroindustriales.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un spaghetti a partir de cultivos andinos y residuos agroindustriales.
- Determinar los compuestos bioactivos del spaghetti elaborado.
- Determinar el tiempo de vida útil del spaghetti elaborado.
- Realizar un estudio económico para establecer el costo de producción del spaghetti elaborado a partir de cultivos andinos y residuos agroindustriales.

1.3. HIPOTESIS

1.3.1. Hipótesis Nula (H₀)

La mezcla de harinas de cultivos andinos y residuos agroindustriales no afecta las

características y la vida útil de los spaghettis.

1.3.2. Hipótesis Alternativa (Hi)

La mezcla de harinas de cultivos andinos y residuos agroindustriales afecta los compuestos bioactivos y la vida útil de los spaghettis.

1.4. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

1.4.1. Variable independiente

- Harina de cultivos andinos (mashua, oca, achira, chocho, papa china, chocho) y de residuos agroindustriales (plátano).

1.4.2. Variable dependiente

- Compuestos bioactivos y la vida útil de los spaghettis.

1.5. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.5.1. Tubérculos andinos

La producción de tubérculos andinos en Ecuador está concentrada actualmente en la región andina, ya que esta zona tiene las menores limitantes de producción. En este contexto según **Bonete et al. (2016)** en el Ecuador las provincias con mayor producción son; Chimborazo, Pichincha, Imbabura, Carchi, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar.

En Ecuador existen tubérculos como: achira, zanahoria blanca, oca, papa china y mashua, que se desarrollan en la región Sierra debido a que en esta zona existen las condiciones adecuadas para su producción (**Barrera, Tapia, & Monteros, 2003; Bonete et al., 2016**). Los almidones de estos tubérculos tienen características fisicoquímicas y funcionales únicas. Estas propiedades incluyen la temperatura de gelatinización, retrogradación, solubilidad, poder de hinchamiento, sinéresis y el comportamiento reológico de pastas y geles. Por ejemplo, se ha demostrado que los valores del poder de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y solubilidad de los almidones de oca, melloco y mashua aumentan a una temperatura de 50°C (**Valcárcel, Rondán, & Finardi, 2013**).

Mientras que, estudios de enriquecimiento de la harina de trigo con harinas no convencionales de raíces y tubérculos, han demostrado que tienen una baja digestibilidad de los almidones por la presencia de almidones resistentes. Estas harinas

sirven para la producción de ingredientes con características nutricionales y funcionales especiales (A. García & Pacheco, 2007). Algunos de los productos en los que se ha incorporado las harinas de tubérculos andinos son: galletas tipo wafer con adición de harina de zanahoria amarilla (A. García & Pacheco, 2007), pan con sustitución parcial de harina de camote (Sacón, Bernal, Dueñas, Cobeña, & López, 2016) y fideos orientales enriquecidos con harina de achira (Santacruz, Pennanen, & Ruales, 2012).

1.5.2. Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

La mashua es un cultivo autóctono de las tierras altas andinas (Leidi et al., 2018), además según Garcés (2019) se ha descubierto que tiene propiedades bactericidas, fungicidas, e insecticidas. Crece en altitudes que oscilan entre 1500 y 4200 m.s.n.m (Leidi et al., 2018). Es un cultivo altamente resistente a temperaturas frías, además de resistir muchas plagas como nemátodos, insectos y también es muy resistente a hongos.

Variedades de Mashua

Según Laura (2018) la diversidad de la mashua está dada por cuatro factores como son el color, la forma, las características de las yemas y el color de la pulpa. Los tubérculos tienen formas que varían de cónicas a ovalada (similar a una zanahoria), su color es blanco o amarillo con variantes moradas o rojas (Campos, Chirinos, Gálvez, & Pedreschi, 2018), también se encuentran estos tubérculos con yemas pigmentadas y con franjas longitudinales rojas o moradas (Alemán, 2019).

Composición de la Mashua

Este tubérculo posee una textura arenosa pero contiene un alto contenido de agua variando entre 79 a 94% en materia fresca (Alemán, 2019). Además, contiene de 69.7 a 85.8% de carbohidratos, 41.35% de almidón, de 6.9 a 15.7% de proteínas, de 0.1% a 1% de grasas y de 4.8% a 8.6% de fibra (Campos et al., 2018). Por otro lado C. Espín (2013) menciona que la mashua también contiene calcio, hierro, fósforo y vitaminas B1, B2 y C. Según Velásquez & Velezmorro (2018) el almidón de mashua podría ser utilizado industrialmente para elaboración de sopas por su alta viscosidad, y también

puede ser utilizado como agente gelificante.

1.5.3. Oca (*Oxalis tuberosa*)

Es un tubérculo cultivado en la región Andina desde tiempos ancestrales. En algunas partes de América del Sur, ha sido un alimento básico comúnmente utilizado en guisos, sopas o comidas crudas (**Zhu & Cui, 2019**), sin embargo debido al poco consumo el sembrío de este tubérculo ha disminuido a solo pequeñas porciones en las familias indígenas (**Garcés, 2019**). Es cultivada en altitudes comprendidas entre los 2800 y 4000 m.s.n.m, tolera climas severos y suelos pobres donde otros cultivos no pueden sobrevivir (**Liu, Burritt, Eyres, & Oey, 2018**) y (**Morillo, Morillo & Leguizamo, 2019**).

Variedades de Oca

De acuerdo a **K. Martínez (2015)** la forma de los tubérculos varía de ovoide a formas cilíndricas y claviformes y el color varía de blanco a crema, amarillo, naranja, rosa y morado. Según **Palma & Soledispa (2018)** en Quito en el banco de germoplasma del INIAP se tiene las variedades más comunes de oca como son:

- Oca blanca o yuracoca: tubérculos grandes y de buena conservación.
- Sara – oca: oca blanca con pintas rojas.
- Blanca chaucha: tubérculo pequeño.
- Oca colorada: de color rojo.
- Colorada chaucha: oca de color rojo.
- Oca cañareja: amarilla “como zapallo”.
- Oca simiateña: amarilla con pintas rojas, lechosa.

Composición de la Oca

La oca es una rica fuente de nutrientes y Vitamina C (**Basantés, 2015**). Su componente principal es el almidón con 60% del peso seco, razón por la que se le considera altamente energético. Presenta 1.1% en base de peso fresco de proteínas y 1.1%, base de peso fresco de fibra dietética. Además, la oca amarilla es rica en carotenoides y la oca rojo-rosa contiene antocianinas (**Zhu & Cui, 2019**). Los altos porcentajes de almidón, minerales y ácidos orgánicos facilitan su uso en procesos a nivel de industria

tales como la panificación, deshidratación, y fermentación (**Morillo et al., 2019**).

1.5.4. Papa china (*Colocasia esculenta*)

La papa china o taro, también conocido como ñame en el sureste de Brasil, es un vegetal tuberoso de gran importancia en las regiones tropicales del planeta (**Custódio da Silva, Puiatti, Cecon, De Macedo, & Sediya, 2019**). Estos tubérculos se reconocen como una fuente barata de carbohidratos, con respecto a los cereales y otros tipos de cultivos, debido a que poseen un buen contenido de almidón rápidamente digerible, razón por la que es un excelente alimento para niños (**Q. Caicedo, Rodríguez, & Valle, 2014**).

Variedades de Papa china

La papa china tiene una forma ovoide-redonda y su pulpa es blanca almidonosa, mientras que su cáscara es de color marrón oscuro (**Torres, Montero, & Julio, 2014**). Además **Zapata & Velásquez (2013)** mencionan que en el Ecuador existen dos variedades como la blanca y la lila o morada. El **INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO (2017)** describe a estas variedades de la siguiente forma:

- Blanca: Corteza fibrosa de color marrón, pulpa color blanco, de forma esférica.
- Lila o morada: Corna grande esférico, cónico o elipsoidal, color de la pulpa blanca, amarilla o morada.

Composición de la Papa China

La composición nutricional de la papa china tal como otro tipo de raíces es baja en proteínas y grasas (**Temesgen & Retta, 2015**). Según **Torres et al. (2014)** presenta un alto contenido de almidón (30-85% base seca), considerando está alta cantidad de almidón los autores **Temesgen and Retta (2015)** en su trabajo menciona que el tamaño del granulo de almidón que tiene la papa china ayuda a aumentar la biodisponibilidad de sus nutrientes debido a que es de fácil digestión y absorción. Dentro de la composición también se puede mencionar proteínas (1.4-7%), además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8%), vitamina A y C, calcio y fósforo (**Torres et al., 2014**). También contiene una amplia variedad de minerales, incluyendo cantidades fundamentales de hierro y calcio, así como potasio y magnesio (**Q. Caicedo et al., 2014**).

1.5.5. Achira (*Canna edulis*)

De acuerdo a **G. Caicedo (2014)** la achira pertenece a la familia *Cannaceae*, especie originaria de la zona andina y domesticada desde Colombia hasta Ecuador, y su nombre es de origen quechua (**Lobo, Medina, Grisales, Yepes, & Álvarez, 2017**). Según **Reichel (2007)** es cultivada en América Latina, el Caribe, Australia y Asia, principalmente para la obtención de almidón digerible usado en la elaboración de panes, pastas, etc. Los cultivos se encuentran principalmente en áreas de ladera entre los 1600 y 2200 m.s.n.m. y a una temperatura de 18°C, además no presenta inconvenientes de plagas o enfermedades.

Variedades de Achira

Según **G. Caicedo (2014)** las *Cannas* son cultivadas como flores predilectas de jardín sin embargo la única variedad utilizada para obtención de almidón es la *Canna edulis*, en Ecuador denominada Nativa Patate del Ecuador, cultivada en Patate y al sur en Vilcabamba y Olmedo (**Calapi, 2010**).

Composición de la Achira

Esta raíz tiene una mayor cantidad de proteínas y aminoácidos esenciales en comparación con otras raíces y tubérculos tropicales, además tiene un alto contenido de minerales como calcio, fósforo, magnesio y potasio (**Cando, 2019**).

Así mismo, el almidón de *C. edulis* tiene una alta viscosidad durante la gelatinización, alto contenido de amilosa (25-38%) y alta retrogradación del gel, estas características especiales hacen que sea interesante para la industria (**Santacruz et al., 2012**). Las características fisicoquímicas de la harina de achira podrían contribuir al futuro aumento de su utilización a gran escala en las industrias alimenticia, dado que su almidón es fácilmente digerido, pudiendo ser empleado como alimento de infantes, ancianos y enfermos (**Lobo et al., 2017**).

1.5.6. Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)

Este cultivo se desarrolla principalmente en los Andes. Es la única umbelífera domesticada en Sudamérica y su domesticación es precedente de la papa y es conocido

universalmente como una excelente fuente de carbohidratos, minerales y vitaminas (Quilapanta, Dávila, Vásquez, & Frutos, 2018). Es una planta herbácea que se cultiva desde 200 a 360 m.s.n.m, pero se desarrolla de mejor manera entre los 1800 y 2500 m.s.n.m, pese a esto tiene inconvenientes por su corta vida en almacenamiento y fragilidad al momento de su transporte (Cando, 2019).

Variedades de Zanahoria blanca

En el Ecuador se han identificado las siguientes especies *A. moschata* en las provincias de Carchi, Pichincha y Tungurahua, *A. oigginisii* en Cañar. Las raíces presentan formas ovoides, cónicas y fusiformes (Mazón, 1993) y se reconocen tres formas hortícolas de color blanco, amarillo y púrpura (Quilapanta et al., 2018). Además su tamaño puede variar de 8 a 20 cm de longitud y de 3 a 8 cm de diámetro (Mazón, 1993).

Composición de Zanahoria blanca

Autores como Alayo (2015), menciona que tiene un alto contenido de calcio, vitamina A y adecuados niveles de niacina y ácido ascórbico. Una formulación en harina de zanahoria blanca al 60% contiene 10.07% de proteínas, 58.3% de carbohidratos, 10.07% de grasas y 8.53% de fibras (Lim, 2015). Según Ocaña (2019), contiene de 10 a 25% de almidón y los gránulos que forma son pequeños, parecidos a los de la yuca; además, es de fácil digestión, de sabor agradable y aroma propio de las umbelíferas, debido a la presencia de un aceite espeso y amarillento que puede atribuirse al xilema. Su principal uso industrial se da en la preparación de sopas y purés.

1.5.7. Leguminosas ricas en proteínas

Chocho (*Lupinus mutabilis*)

El lupino andino es una planta leguminosa reconocida como una de las más ricas en nutrientes, ya que tiene un elevado contenido de proteína y ácidos grasos (Ortega, Rodríguez, David, & Zamora, 2010). Es originario de la región andina de Perú, Ecuador y Bolivia (Ponce, Navarrete, & Vernaza, 2018). La planta es susceptible a la humedad y no tolera heladas, además necesita de 350 a 850 mm de lluvia (Chirinos, 2015), es una herbácea anual de las zonas altoandinas y es cultivada a 3000 y 4200 m.s.n.m (B. Castañeda, Castro de la Mata, Manrique, & Ibañez, 2007).

Variedades de Chocho

De las 300 especies que incluye el género *Lupinus* solo 4 de éstas juegan un papel importante dentro de la agricultura, los cuales son: *L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus* éstas pertenecientes a Europa y *L. mutabilis* perteneciente a toda la zona andina de América del Sur (**Gulisano, Alves, Neves, & Trindade, 2019**). De esta especie en Ecuador se encuentran 2 tipos el chocho “paisano” y el chocho “chawcha”, diferenciados por su tamaño y color (**Matínez, Ruivenkamp, & Jongerden, 2016**).

Composición del Chocho

Según **Benjamín Castañeda et al. (2008)** contiene en promedio 35,5% de proteína, 16,9% de aceites, 7,65% de fibra cruda, 4,15% de cenizas y 35,77% de carbohidratos. Contiene 30–40 g de proteína/100 g y un nivel considerable de lisina (7.3 g/100 g), y carece de aminoácidos que contienen azufre como la metionina (**Güemes-Vera, Arciniega-Ruiz, & Dávila-Ortiz, 2004**). Este contenido de proteínas es superior al de la soya y el contenido de grasa es similar (**Benjamín Castañeda et al., 2008**). Autores como **Gulisano et al. (2019)** mencionan que el chocho es consumido en sopas, estofados y ensaladas; también tiene importantes aplicaciones como harina de lupino, concentrado de proteínas y aislado de proteínas las cuales presentan propiedades físicas y funcionales muy valiosas para ser aprovechadas en el sector alimentario y químico.

1.5.8. Residuos agroindustriales de la industria bananera

La mayor cantidad de residuos sólidos que genera la agricultura provienen de cosechas o fracciones de cultivos que no son de interés o no cumplen con los requisitos de calidad mínimos para ser comercializados (**Peñaranda, Montenegro, & Giraldo, 2017**).

Según **Haro, Borja, and Triviño (2017)**, los residuos provienen de partes de la planta que no han sido utilizadas. Los cultivos que más residuos generan son: arroz, café, banano, ya que alguna de sus partes no tiene una adecuada utilización. Autores como **Ovando (2007)**, mencionan que entre los ingredientes que se podrían utilizar para la elaboración de pastas, con mejores propiedades funcionales y nutricionales, está el plátano, que añadido en galletas disminuye la digestibilidad del almidón.

En este contexto al ser el plátano uno de los cultivos que más residuos genera se debe tomar en cuenta que los factores que ayudan a que se genere el plátano de rechazo son: la variedad más cultivada en Ecuador que es la menos resistente a factores climáticos, déficit de tecnología para mejorar los procesos y evitar pérdidas y por último, la presencia de plagas que genera una reducción del peso y tamaño del racimo conduciendo al rechazo por no cumplir con los estándares de calidad para su exportación (**Ramírez & Solórzano, 2012**).

Variedades de Plátano

En Latinoamérica se cultiva en mayor cantidad el tipo AAA del subtipo Cavendish de las cuáles existen 3 variedades: Gian Cavendish, Williams y Valery, esta última es la más utilizada por los productores en Ecuador como variedad de la especie *Musa sapientum* L (**Ramírez and Solórzano, 2012**). De acuerdo a **Hoyos et al. (2012)** el tipo AAA está dentro del grupo de clones más consumidos en el mundo, esto dada la gran exigencia de los consumidores y demanda de los nuevos mercados.

Composición del Plátano

La composición química de esta fruta depende de su estado de madurez, predominando el almidón ya sea en la fruta verde o madura (**Calderón, 2018**), además es rico en energía minerales y vitaminas A, C y B6 (**C. Martínez, Cayón, & Ligarreto, 2016**). Es pobre en proteínas y lípidos pero muy rico en hidratos de carbono, de manera que contiene 89,05% de humedad, cenizas 3,38%, proteínas 2,56%, grasa 1,19% y fibra 0,91% (**Encarnación & Salinas, 2017**). Presenta una alta cantidad de almidón 20% (**Pacheco & Testa, 2005; Afanador, 2005**). Además la cáscara está siendo utilizada para elaborar harina y también para extracción de pectina (**Vasquez, Ruesga, D'addosio, Páez, & Marín, 2008**).

Según **Pacheco & Testa (2005)** debido a la alta concentración de almidón, el procesamiento del plátano verde para obtener harina y almidón resulta muy importante dentro de la industria alimentaria, así mismo menciona que la harina de plátano verde contiene 86% de almidón con un 8,6% de fibra. Además **Sivolí et al. (2013)** mencionan que en la harina se puede encontrar almidones resistentes, que ayudan a la mejor digestibilidad, el funcionamiento gastrointestinal e incluso el metabolismo hepático y del colon.

Tabla 1. Análisis de plátano verde: pulpa y cáscara (%base húmeda) (**Afanador, 2005**).

	Pulpa	Cáscara	Plátano sin pesar
Humedad	73,30	91,0	81,0
Azúcares reductores	0,16	0,24	0,19
Sacarosa	2,10	2,00	2,06
Almidón	20,30	3,64	13,10

1.5.9. Spaghetti

La pasta alimenticia, de acuerdo al **Codex Alimentarius (2015)**, es un producto que no está tratado (no ha sido calentado, hervido, cocido, pregelatinizado o congelado), solamente deshidratado, y es elaborado a base de sémola de trigo y agua (**Ovando, 2007**). Según **Vasiliu and Navas (2009)**, existen múltiples tipos de pasta en función de los ingredientes utilizados en su elaboración; es decir, depende de si se han utilizado harinas de otros cereales, oleaginosas, leguminosas, carnes, huevos o vegetales.

Pastas tales como los spaghetti son alimentos con buen perfil nutricional ya que proporcionan una buena fuente de carbohidratos complejos y son también una fuente moderada de proteínas y vitaminas del grupo B (**Hernández, Berrios, Pan, Osorio, & Bello, 2009**). Además, es un alimento importante en una dieta equilibrada, ya que es bajo en grasa y representa una valiosa fuente de carbohidratos complejos, que contribuyen a la formación hepática de glucógeno. Adicionalmente, es considerado un alimento funcional porque contiene carbohidratos de "digestión lenta", que disminuyen su índice glicémico (**Granito et al., 2014**).

Según **Vázquez, Verdú, Islas, Barat, & Raúl (2016)** la FAO define como harinas compuestas a aquellas que están destinadas a elaborar productos a base de trigo como pan, pastas y galletas. Pudiendo prepararlas a base de otro tipo de cereales o fuentes de origen vegetal y no necesariamente deben contener harina de trigo, de modo que el producto final puede ser comparado con aquellos hechos con trigo, aunque pueden presentar diferencias.

Tabla 2. Parámetros nutricionales para pasta blanca y pasta al huevo.

Parámetro	Pasta blanca		Pasta al huevo	
	Mín (%)	Máx (%)	Mín (%)	Máx (%)
Humedad	-	14	-	14
Proteína	10,5	-	12,5	-
Cenizas	-	1,3	-	1,2
Carbohidratos	-	74	-	70
Fibra	-	2,9	-	3,4

Fuente: Pazuña (2011) y NTE INEN 1375 (2014).

1.5.10. Compuestos bioactivos en las matrices alimenticias a utilizar

Los polifenoles totales se encargan de evitar el estrés oxidativo mediante la captación de radicales libres, evitando así enfermedades cardiovasculares, circulatorias cancerígenas y se encargan de otorgar el color, la astringencia y el sabor (Pérez, 2014).

Tubérculos como la papa, oca y melloco presentan un contenido considerable de compuestos antioxidantes, fenólicos, antocianinas y carotenoides; sin embargo, mashua posea mayor cantidad. Los fitoquímicos responsables de la capacidad antioxidante están relacionados con los compuestos fenólicos y carotenoides de algunos tubérculos (Calsin, Aro, & Tipacti, 2016).

1.5.11. Estimación del tiempo de vida útil en alimentos

La vida útil de un alimento es el tiempo que transcurre hasta que las características del producto lo hacen inaceptable. Es así como cada alimento tiene un tiempo determinado después de su elaboración, durante el que conserva sus características organolépticas, bajo adecuadas condiciones de conservación (De la Espriella, 2010).

El estudio de vida útil tiene como objetivo la evaluación del comportamiento de los productos que se están desarrollando, o a los que se les han aplicado modificaciones en su formulación o en alguna parte de su proceso. También depende de la naturaleza química de los componentes, del material en que fue envasado y de forma especial de las condiciones de humedad, luz y temperatura a las que es sometida en su sitio de almacenamiento (Mercado, López, Martínez, & Abraham, 2016).

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los tubérculos andinos como mashua (*Trpaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), papa china (*Colocasia esculenta*), zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), achira (*Canna edulis*), y la leguminosa chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) fueron adquiridos de mercados locales de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua; mientras que los residuos agroindustriales se obtuvieron de una procesadora de banano.

2.2. Obtención de la harina

Los tubérculos fueron lavados con agua potable y desprovistos de todo tipo de impurezas, posteriormente fueron cortados en rodajas delgadas de aproximadamente 2 mm de espesor, mientras que el chocho fue desprovisto de la cáscara. Posteriormente se sometió a un proceso de deshidratación basado en la metodología de **Lalaleo (2017)**, que consiste en colocar las láminas a 60 °C en un secador de bandejas con circulación de aire caliente (Gander MTN CD-160) por 24 horas. Al finalizar el proceso de deshidratación, las muestras fueron trituradas con un molino de café (Oster Bvstbmh 23 - 013), seguidamente se tamizaron obteniendo una harina muy fina y se envasaron en fundas de cierre hermético hasta su utilización.

2.3. Elaboración del spaghetti

Para elaborar los spaghettis se tomaron en cuenta tres formulaciones, una que corresponde al control con harina de trigo (Ht) y dos que corresponden a la mezcla de harinas de Mashua (Ma), Oca (Oc), Achira (Ac), Chocho (Ch), Zanahoria Blanca (Zb), Plátano (Pl) y Papa China (PCh) (Tabla 2). Se homogenizaron las harinas junto con el agua, huevo y la goma, seguidamente se amasó manualmente durante 20 minutos, posteriormente se laminó y se dio forma con la ayuda de un rodillo automático de acero inoxidable. Todas las muestras fueron estiradas en mallas y fueron secadas en un secador (Gander MTN CD-160) a 60 °C por 3 horas aproximadamente hasta alcanzar una humedad menor al 12%. Se enfrió a temperatura ambiente y se envaso en fundas aluminizadas de cierre hermético y se almacenaron a temperatura ambiente durante 45 días.

Tabla 3. Simbología de los spaghettis a elaborar.

Spaghetti	Simbología	Componentes (Harinas)
1	F1	Achira, zanahoria blanca, chocho, mashua, plátano, oca.
2	F2	Achira, papa china, chocho, mashua, plátano, oca.
3	C	Trigo

Tabla 4. Formulaciones utilizadas para la elaboración de spaghettis.

Materia prima	F1	F2	C
Ht (%)	-	-	100
Ac (%)	35	35	-
Zb (%)	35	-	-
PCh (%)	-	35	-
Ch (%)	20	20	-
Ma (%)	8	8	-
Pl (%)	2	2	-
Oc (%)	0,02	0,02	-
Agua (g)	40,8	40,8	40,8
Huevo (g)	53,15	53,15	53,15
Sal (%)	0,02	0,02	0,02
Aditivos			
Goma Xántan (%)	2	2	-

Ht (harina de trigo), Ma (harina de mashua), Oc (harina de oca), Ac (harina de achira), Ch (harina de chocho), Zb (harina de zanahoria blanca), Pl (harina de platano), PCh (harina de papa china), F1 (formulación 1), F2 (formulación 2), C (formulación de control).

2.4. Determinación de compuestos bioactivos

2.4.1. Determinación de polifenoles

Previamente se trituro finamente las muestras F1, F2 y C en un mortero, se pesó por separado 250 mg de cada muestra y se agregó 10 ml de agua destilada; seguidamente se homogenizó y se filtró cada suspensión colocándolas en balones de 25 ml y aforando finalmente con agua destilada. Para la cuantificación de compuestos fenólicos se tomó en cuenta la metodología descrita por **Ocaña (2019)**, basada en el método Folin-Ciocalteu con ciertas modificaciones. Se colocó en balones de aforo de 10 ml una alícuota de 2.5 ml de las muestras previamente tratadas, se agregó 1 ml de reactivo Folincioaltea y se dejó en reposo durante una hora. A continuación, se

añadió 5 ml de carbonato de sodio al 35%, se agitó y se dejó en reposo una hora.

Finalmente, las lecturas se realizaron por triplicado en un espectrofotómetro UV/vis (Boeckel Co S-220) a una longitud de onda de 765 nm. La curva de calibración fue preparada con un patrón de ácido gálico con diluciones de concentraciones 0,1; 2,5; 5; 7,5; 10 y 15 ppm. Se cuantifico la concentración de polifenoles totales, interpolando en la curva de calibración con ácido gálico el promedio de las absorbancias obtenidas para F1, F2 y C.



Figura 1. Método de Folin Ciocalteu.

2.5. Determinación del tiempo de vida útil

La evaluación de vida útil se realizará tomando en consideración la carga microbiana del producto considerando la **NTE INEN 1375 (2014)**, para pastas alimenticias o fideos secos.

El análisis microbiológico se realizó a todos los tratamientos siguiendo la metodología reportada por **López (2019)**. Se pesaron 10 g de muestra previamente triturada, y fueron colocadas en bolsas estériles (Sterilin Stone, Staffordshire) con 40 ml de agua de peptona (Difco, Le Pont de Claix). Se homogenizó en un Stomacher (400C, Seward) durante un minuto a 200 rpm cuidando de que no exista aire dentro de la bolsa y puedan producirse rupturas.

Para el recuento de aerobios mesófilos se sembró en placas de agar para recuento en placa (PCA, Difco) y se incubaron a 37 °C por 24 horas. Para mohos y levaduras se sembró en placas de agar Rosa de Bengala (RBC, Difco) y se incubarán a 26 °C por 5 días. Para coliformes se usó Chromocult Coliformen Agar y se incubó a 37 °C por 24 horas. Finalmente, para staphylococcus aureus se usó agar Baird Parker y se incubó a 37 °C por 24 horas. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado durante 45 días a excepción de staphylococcus aureus, los recuentos se expresaron como el

logaritmo de las UFC por gramo (log UFC/g).

En cuanto al empaque se emplearon fundas que cumplen las condiciones adecuadas para que el spaghetti mantenga la frescura y calidad necesarias, las más usadas son fundas de polietileno. Pero se debe tomar en cuenta que los fideos elaborados tienen un contenido fenólico los cuales según **Sepúlveda & Zapata (2019)** pueden ser vulnerables a la luz, por lo que se decidió optar por fundas aluminizadas que son empleadas para snacks de tubérculos como oca y mashua, así también para galletas de camote y zapallo, ya que no permite el paso de luz y tampoco permite el ingreso de humedad al producto (**López, 2019**). Autores como **Wittig de Penna et al., (2002)** utilizaron bolsas de polietileno y papel opaco para evitar posibles pérdidas de vitaminas por exposición a la luz.

Considerando entonces las cargas microbianas que se obtuvieron del análisis microbiológico, se aplicó el modelo de Monod – Hinshelwood, el cual matemáticamente se expresa como:

$$t = \frac{\text{Log } C - \text{Log } C_0}{\text{Log } 2} \times Tg \quad \text{Ec. 2.5.1}$$

Donde: C_0 es UFC/g inicial, C es UFC/g máximo establecido en la norma NTE INEN 1375 y Tg es el tiempo de generación de la carga microbiana más alta encontrada.

2.6. Estudio Económico

Para el estudio económico de la producción de spaghetti de tubérculos andinos y residuos agroindustriales se analizaron aspectos como:

- Costos de materia prima directa e indirecta.
- Costos de mano de obra directa.
- Costos de maquinaria.
- Costos de insumos básicos

Todos estos aspectos que son de suma importancia para la determinación de los costos que implica la producción de un spaghetti libre de gluten, además del costo de venta de

los mismos.

2.7. Análisis Experimental

Los datos obtenidos de las diferentes muestras de spaghetti fueron tabulados en Excel, reportándose como el promedio de tres replicas para componentes bioactivos, así como para vida útil, así mismo se reportó la desviación estándar de todos los datos.

Se trabajo con ANOVA simple, para el cual se desarrolló el análisis estadístico en Statgraphics para los tres tipos de spaghetti elaborados: dos con diferentes formulaciones F1 (Ma, Oc, Ac, Ch, Zb, Pl), F2 (Ma, Oc, Ac, Ch, Pl, PCh) y uno como formulación control (Ht). Para esto se utilizó Tuckey como prueba de comparación por pares a un nivel de confianza del 95%.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Elaboración del spaghetti

Los spaghetti se desarrollaron a partir de harinas de cultivos andinos (mashua, oca, papa china, achira, zanahoria blanca) y residuos agroindustriales (plátano), agua, sal y goma xantan; las formulaciones se detallan en la Tabla 2. Se realizó un mezclado de todos los ingredientes con la fase acuosa, sin embargo con la cantidad establecida no se logró una buena hidratación, por lo que se necesitó una adición extra de agua (+18,3 ml), para realizar esta adición se tomó en cuenta lo reportado por **C. López & Pillaca (2018)** que menciona que la cantidad de agua aumenta conforme aumenta la cantidad de harina de frejol (disminuye el glúten) (9 ml de agua por cada 16,6 g de harina) del mismo modo **Pantoja & Prieto (2014)** reportaron que cuando incrementa el contenido de harina de chocho también aumenta la cantidad de agua (10ml por cada 25 g de harina) además **Ponce et al. (2018)** mencionan que al adicionar harina de chocho a las formulaciones estas van a absorber más agua debido al alto porcentaje de proteínas del mismo, también se debe tomar en cuenta que inicialmente se elaboró la masa con las harinas sin tamizar por lo que la hidratación resultó más difícil, de modo que la harina fue tamizada hasta una partícula más pequeña (150 μm – 450 μm) ya que este tamaño de partícula es el que cumple con los requisitos para la elaboración de pastas alimenticias (**Dussán, Hurtado, and Camacho, 2019**), **Acosta (2007)** menciona también que cuanto más uniforme sea el tamaño de partícula mejor será la hidratación de la masa. Autores como **Myeongseon, Imkyung, Sungmin, and Suyong (2019)** mencionan que la molienda en seco genera grandes cantidades de almidón dañando evidenciándose mayor cantidad del mismo en harinas con partículas más pequeñas, estos autores también mencionan que las harinas en su estudio evidenciaron una mejor afinidad al agua debido a que existe una mayor área de contacto. Por otra parte, la presencia de almidones resistentes en las harinas (mashua, oca, papa china, achira, zanahoria blanca y plátano) utilizadas hace que también se incremente la absorción de agua (**Martínez, 2011**).

El gluten es la fracción que interviene en las propiedades elásticas y de extensibilidad de los fideos de trigo, al tener una mezcla de harinas libres de gluten estas características no se presentan en la masa de modo que la adición de huevo busca recuperar la propiedad de pegajosidad, según **Andrade & Chiquito (2007)** en el caso de harina de trigo blando es necesario añadir más huevo para aportarle consistencia a la masa y producir un fideo más duro, **Rollo (2017)** menciona que se puede añadir hasta 1 huevo por cada 100g de harina. Para compensar la falta de gluten y tener la capacidad formar una red proteínica, las materias primas debieron ser combinadas con un agente espesante como la goma xantán en dosis de 2 g por cada 100 g de harina. Productos peruanos como fideos y canelones son principalmente elaborados con almidón de yuca, de papa y goma xantán (**Villanueva, 2017**), en concordancia con **Peris (2014)** la goma xantán al 0,8% aporta elasticidad a la masa para fideos de trigo con sustitución parcial de salvado, el 2% de goma xantán junto con el huevo añadido aporta notablemente a la extensibilidad de la masa de spaghettis F1, F2 durante el amasado de 20 minutos.

Seguido de esto la masa de estiro manualmente evidenciándose de igual forma la extensibilidad de la misma, sin embargo, se observaron agrietamientos en las láminas debido a la nula presencia de gluten por lo que los tiempos de trefilado se elevaron. Es necesario tomar en cuenta que también se utilizó goma tragacanto como sustituto de gluten, pero no se tuvo cambios en cuanto a la elasticidad de la masa por lo tanto se obtuvieron fideos frágiles y poco manipulables.

El color de las pastas depende del contenido de carotenoides y a la alta actividad enzimática (**C. López & Pillaca, 2018**). En la Figura 1 se puede observar que después del secado a 60°C por 4 horas aproximadamente las pastas tomaron un color pardo que puede deberse a la acción de la polifenol-oxidasa y a la degradación del contenido fenólico presente (**Ocaña, 2019**), en la Figura 1 se puede observar que el spaghetti F1 es más oscuro que el F2 pudiendo deberse a la harina de zanahoria que se encuentra en la formulación F1 ya que en la formulación F2 está harina se sustituye por harina de papa china la misma que según **Ocaña (2019)** es la que presenta mayor índice de blancura, así mismo, **V. Martínez (2011)** menciona que en fideos con sustitución parcial de harina de zanahoria blanca la coloración está dada por la coloración marrón propia de la harina de zanahoria blanca.

Finalmente se obtuvo un spaghetti de características semejantes a un fideo integral, que no presento dureza como un fideo de trigo pero que soportó manipulación y no se con rompió con facilidad al momento de ser envasado.



Figura 2. Formulaciones 1 (a) y 2 (b) y control (c).

3.1.2. Determinación del contenido de polifenoles

Los resultados de la determinación de compuestos bioactivos de los fideos elaborados a partir de cultivos andinos, residuos agroindustriales infrautilizados y fideos de harina de trigo se muestran en la Tabla 3. Las concentraciones de Ácido gálico/g de muestra, presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las formulaciones establecidas.

Tabla 5. Contenido de ácido gálico/g de muestra en los spaghettis.

Muestras	Concentración (ppm o μg Ácido gálico/ g de muestra)
F1	$7,4 \pm 0,338^b$
F2	$9,6 \pm 0,071^a$
C	$2,7 \pm 0,073^c$

F1 (formulación 1), F2 (formulación 2), C (formulación de control). Los superíndices a,b,c indican diferencia significativa entre filas, evaluadas con una prueba de Tukey al 95% de confianza.

De acuerdo con los resultados que se presentan en la Tabla 3, los spaghettis F1 y F2 con harina de cultivos andinos presentaron mayores contenidos fenólicos que la muestra control (solo harina de trigo). Este contenido de polifenoles podría atribuirse a la presencia de flavonoides, ácidos fenólicos y taninos presentes en la harina de mashua (**Ocaña, 2019**), flavonoides en harina de zanahoria blanca (**S. Espín, Villacrés, & Brito, 2004**), flavonoides y taninos en harina de papa china (**Rodríguez et al., 2011**), flavonoides en harina de chocho (**Quispe, 2015**).

Tomando en consideración las concentraciones de ácido gálico/g de muestra que **Ocaña (2019)** reporta en su estudio para achira, papa china, zanahoria blanca, chocho, machua, oca, plátano, se nota que luego de un proceso de secado el contenido de polifenoles disminuyó de 18,17 μg ácido gálico/g de muestra a 7,4 μg Ácido gálico/g de muestra. Es decir, se perdió aproximadamente el 60% de polifenoles en el secado, estudios de escaldado de oca (**Gamarra, Girón, Roque, & Díaz, 2011**), fritura de mashua (**Pérez, 2014**) y secado de zanahoria a 60°C (**Fan, Zhang, & Mujundar, 2006**) demuestran que el contenido de polifenoles disminuye al someter la matriz a un proceso térmico, de manera que al someter los fideos a secado y este al ser un proceso térmico se puede decir que la disminución del contenido de polifenoles se debe a este proceso, **Pérez (2014)** indica que los polifenoles son compuestos termolábiles y comienzan a degradarse a temperaturas mayores a 40°C. Autores como **Alcantara, Hurtada, and Dizon (2013)** mencionan también que los antioxidantes naturales de los alimentos pueden perderse durante el secado, manipulación así como en el almacenamiento.

Por otro lado se debe tomar en cuenta que para obtener las harinas se realizó un endulzado previo de algunos tubérculos como la mashua y oca, de acuerdo al estudio de **Ocaña (2019)** la presencia de azúcares reductores y de aminoácidos durante el secado podría producir reacciones de Maillard, según **Fennema (1996)** la formación de coloraciones marrones durante el procesado de alimentos se debe a la condensación de las antocianinas con la reacción de Maillard y también a la oxidación del ácido ascórbico. Algunos flavonoides sirven de sustrato para las enzimas a través de los cuales se forman otros pigmentos debido a su degradación de modo que la presencia de polifenol oxidasa (harina de achira) podría justificar la disminución del contenido

fenólico en el spaghetti F1, al respecto **Palacios (2012)** señala que oxidaciones químicas y enzimáticas producen la disminución de las propiedades antioxidantes de los compuestos fenólicos. El menor contenido de polifenoles pudo deberse también a que la harina de zanahoria blanca tiene un contenido de polifenoles bajo (10 μg Ácido gálico/ g) (**Ocaña, 2019**).

Para la formulación F2 se utilizó: harinas de achira, papa china, chocho, mashua, plátano y oca, de modo que considerando el contenido fenólico para cada harina mencionados por **Ocaña (2019)** se tuvo un contenido inicial de 21,32 μg Ácido gálico/g el cuál después del secado del spaghetti disminuyó en un 55%, lo cual indica que este es mayor en comparación al contenido fenólico del spaghetti F1, debido a que el contenido fenólico de la harina de papa china aporta con el doble de contenido fenólico (20 μg Ácido gálico/ g) que la harina de zanahoria blanca, además **J. Martínez & Hernández (2019)** mencionan que la harina de papa china contiene importantes concentraciones de polifenoles, flavonoides, taninos y ácido fítico, los mismos que le confieren una capacidad antioxidante y le protegen de la oxidación enzimática, según **Maestro & Borja (1993)** el ácido fítico inhibe la oxidación del ácido ascórbico, así mismo bloquea el ciclo de oxidación – reducción del hierro, el cuál es necesario para reacciones de oxidación, además previene el pardeamiento debido a que inhibe la polifenoloxidasas, por lo tanto el contenido fenólico no disminuyó significativamente por efecto de oxidación enzimática.

Finalmente el contenido de polifenoles de los spaghetti F1 y F2 comparados con otros fideos que contienen harinas similares, son menores a los reportados por **Hurtado (2012)** en fideos de trigo con sustitución parcial de harina de plátano (162,76 μg ácido gálico/g de muestra), del mismo modo el contenido fenólico de los spaghetti es mayor comparados con productos libres de gluten como galletas de sorgo (2,8 μg ácido gálico/g de muestra) (**De Petre, 2016**).

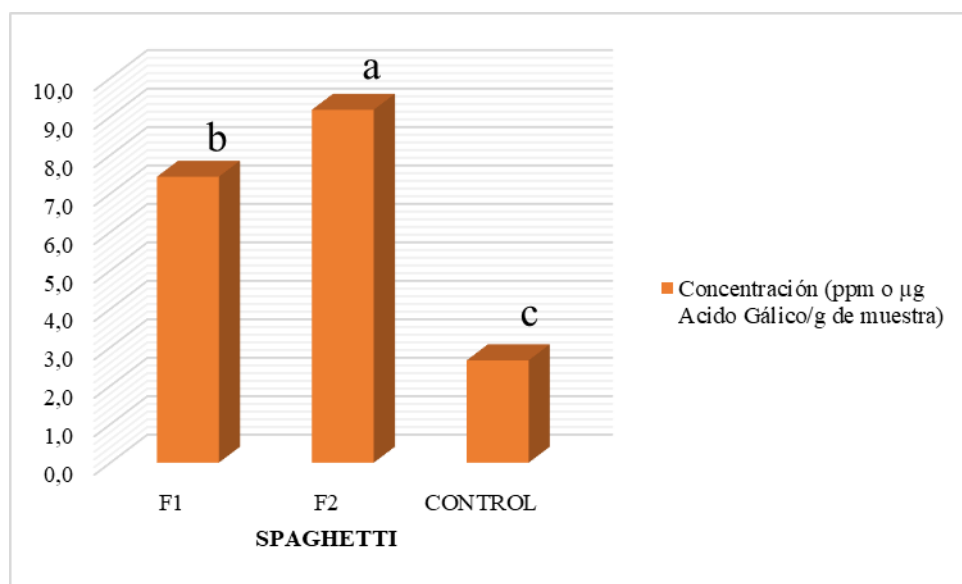


Figura 3. Contenido de ácido gálico/g de muestra en los spaghettis.

3.1.3. Determinación del tiempo de vida útil

Análisis microbiológico

Según **Proaño, Urresta, & Racines (2017)** la presencia de aerobios mesófilos determina la inocuidad del alimento, haciendo referencia a la materia prima utilizada, la manipulación y procesamiento, así como también el almacenamiento del producto. Los resultados de los análisis microbiológicos realizados se presentan en la Tabla 4, presentando valores iniciales de $5,48 \cdot 10^3$ UFC/ g para el spaghetti F1 y $4,05 \cdot 10^4$ UFC/g para el spaghetti F2, las colonias de aerobios mesófilos disminuyeron a medida que el tiempo pasó de modo que al día 30 el spaghetti F1 presentó $5,17 \cdot 10^2$ y F2 $1,3 \cdot 10^3$ UFC/ g. Tendencias similares se observaron en fideos con sustitución parcial de harina de mashua y zanahoria pero con un conteo de 125 UFC/g a los 60 días (**Olano, 2018**), en fideos instantáneos donde a los 32 días el crecimiento llegó a ser cero se observaron similares tendencias, de acuerdo a esto se puede mencionar que la disminución del crecimiento de este microorganismo puede estar relacionado con el decaimiento de la actividad de agua (**Morales, 2007**), lo que podría ser debido al empaque utilizado ya que este no es permeable a la humedad y tampoco da paso a la luz, además que fue herméticamente sellado ocasionando el descenso de la actividad de agua y por ende el crecimiento de microorganismos.

Esta actividad decreciente también puede deberse a lo que menciona **epralima (2020)**

en relación al huevo ya que contiene una proteína denominada lizosima la cual tiene actividad antimicrobiana, un estudio realizado por **Carrillo (2013)**, menciona que pese a la desnaturalización por calor sigue teniendo actividad lítica frente a las paredes de las bacterias Gram positivas, así mismo contiene fosvitina la cual unida a iones metálicos le confiere propiedades antibacterianas. De acuerdo con estos datos se puede establecer decir que los spaghetti F1 y F2 están dentro de los límites permisibles para pastas alimenticias y fideos secos que establece la **NTE INEN 1375 (2014)**, existiendo ausencia de microorganismos aerobios mesófilos para el fideo de control.

Tabla 6. Resultados microbiológicos para los spaghetti.

M	Aerobios Mesófilos (UFC/g)		Coliformes (UFC/g)		Mohos y levaduras (UFC/g)		<i>Staphylococcus Aureus</i> (UFC/g)
	Día 1	Día 30	Día 1	Día 30	Día 1	Día 30	Día 1
F1	5,48*10 ³	5,17*10 ²	1*10 ²	1,67*10 ¹	8,17*10 ²	Ausencia	Ausencia
F2	4,05*10 ⁴	2,90*10 ³	1,83*10 ²	1,67*10 ¹	2,17*10 ²	1,67*10 ¹	Ausencia
C	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

M (Muestra), F1 (formulación 1), F2 (formulación 2), C (formulación de control).

Por otra parte, en relación a coliformes totales en F1 disminuye desde el día uno hasta el día 30, valores similares se encuentran en fideos con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinoa (**E. García, 2020**), para el spaghetti F2 se puede observar que existe una tendencia de disminución desde el día uno hasta el día 30 (1,67*10¹ UFC/g), la misma tendencia se observa para fideos instantáneos donde a los 16 días existe ausencia de este microorganismo (**Olano, 2018**). De acuerdo a los parámetros que establece la **NTE INEN 1375 (2014)** se puede inferir que la muestra F1 se encuentra dentro de los límites para pastas alimenticias y fideos secos, del mismo modo la muestra F2 pese a que existió crecimiento está dentro del rango establecido por la norma Ecuatoriana, por otra parte en la muestra de control no hubo crecimiento.

Las mismas tendencias de disminución se observan para mohos y levaduras, tomando en cuenta que desde el primer día de almacenamiento hasta el día 30 los resultados se encuentran por debajo del rango máximo establecido por la **NTE INEN 1375 (2014)**,

Gimeno (2020) menciona que la mayor parte de mohos se desarrollan a una actividad de agua de 0,7, tomando en cuenta que en general los fideos tienen una actividad de agua de 0,60 se puede mencionar que la disminución del crecimiento puede ser debido a este factor, en el estudio para fideos con adición de harina de quinoa de **E. García (2020)** se observan datos similares (<10 UFC/g) para mohos. En cuanto al conteo de levaduras se puede decir que el crecimiento puede ser ocasionado por la presencia de azúcares en las matrices utilizadas como mashua, oca y plátano, además según **Mirálbes (2020)** existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de almidón dañado y la cantidad de azúcares disponibles para la levadura. Sin embargo, pese a esto la actividad de agua vuelve a ser un factor importante para evitar la proliferación de este microorganismo por lo que su crecimiento al igual de los mohos disminuye.

En relación a *staphylococcus aureus* se observó ausencia para todas las muestras analizadas, indicando que no existe proliferación de este microorganismo. Según **Alonso and Poveda (2008)** este microorganismo es un indicador de contaminación a partir de la piel, la boca y fosas nasales del manipulador de alimentos.

Los resultados de humedad del fideo (11,38%) se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo a lo que establece la norma **NTE INEN 1375 (2014)** y **Codex Alimentarius (2015)** 14%, en este sentido este parámetro contribuye en mayor medida a una baja actividad de agua de las pastas y por lo tanto existe un menor crecimiento de microorganismos (**Flores, Ortega, & Rincones, 2017**), **Quelal (2012)** señala que la actividad de agua desempeña un papel importante en la estabilidad de los productos, las bacterias no crecen cuando el producto tiene una humedad inferior a 18%, para que las levaduras se desarrollen se necesita de una humedad de 20% o más y los mohos necesitan humedades entre 13 y 16%. Finalmente se puede señalar que la manipulación en el proceso de elaboración se dio en condiciones higiénicas, asegurando la calidad e inocuidad del alimento, de manera que el producto no representa peligro para el consumidor.

Evaluación del tiempo de vida útil

El tiempo de vida útil según **Chasi (2012)** es el periodo de tiempo durante el cual el

alimento conserva sus características físicas, nutricionales y microbiológicas aptas para el consumo humano.

La vida útil de las pastas tipo spaghetti con harinas de cultivos andinos y residuos agroindustriales infrautilizados fue evaluada por el seguimiento del crecimiento microbiano de mesófilos aerobios, tomando en cuenta que el recuento de estos microorganismos son mayormente utilizados en productos terminados como indicadores de vida útil (Alonso & Poveda, 2008), además que son los que tienen la carga microbiana más representativa (Tabla 4).

El cumplimiento de la calidad e inocuidad alimentaria, precisan el tiempo al que los alimentos pueden perder sus atributos, sin embargo, uno de los más importantes es la calidad microbiológica para saber qué tan seguro será el alimento en el transcurso del tiempo de almacenamiento. De acuerdo con esto existen varios modelos matemáticos para predecir el tiempo de vida útil microbiológico en alimentos, dentro de estos, dos modelos pueden ser usados para microorganismos. El modelo matemático de Monod – Hinshelwood y el modelo de Arrhenius, sin embargo según Cabeza (2013) el primer modelo relaciona únicamente el crecimiento de los microorganismos con el tiempo de crecimiento y el segundo modelo relaciona lo mismo, pero suma a su estructura la temperatura.

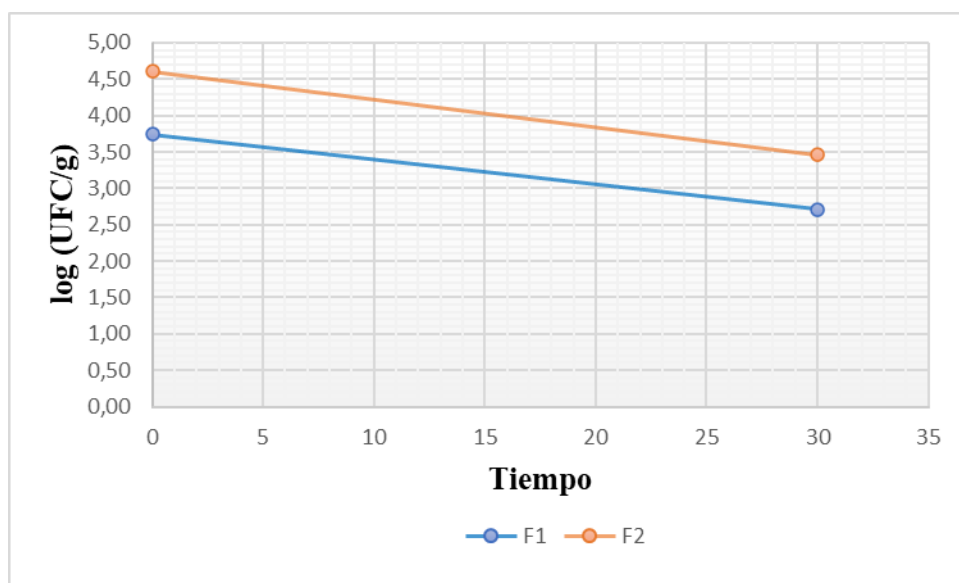


Figura 4. Comportamiento microbiológico durante el almacenamiento por 30 días.

Una vez obtenidos los resultados del análisis microbiológico de los spaghettis F1 y F2 se aplicó la ecuación de Monod-Hinshelwood (Ec. 2.5.1), estimando así la vida útil microbiológica para cada muestra.

Spaghetti F1

Datos:

$$\text{Log } C = 3 * 10^5$$

$$\text{Log } C_0 = 5,48 * 10^3$$

$$Tg = 30 \text{ días}$$

$$t = \frac{\text{Log } C - \text{Log } C_0}{\text{Log } 2} * Tg$$

$$t = \frac{\text{Log } 3 * 10^5 - \text{Log } 5,48 * 10^3}{\text{Log } 2} * 30$$

$$t = 173,24 \text{ días}$$

$$t = 5,77 \text{ meses}$$

Spaghetti F2

Datos:

$$\text{Log } C = 3 * 10^5$$

$$\text{Log } C_0 = 4,05 * 10^4$$

$$Tg = 30 \text{ días}$$

$$t = \frac{\text{Log } C - \text{Log } C_0}{\text{Log } 2} * Tg$$

$$t = \frac{\text{Log } 3 * 10^5 - \text{Log } 4,05 * 10^4}{\text{Log } 2} * 30$$

$$t = 86,67 \text{ días}$$

$$t = 2,88 \text{ meses}$$

Se considera entonces que a temperatura ambiente la vida útil estimada para los spaghettis F1 y F2 fue aproximadamente de 6 y 3 meses respectivamente, lo que corrobora los resultados del análisis microbiano donde se observa que la mayor carga microbiana en mesófilos aerobios se presenta en el spaghetti F2 por lo que su tiempo de vida útil es menor que en el spaghetti F1. Sin embargo son menores a los tiempos de vida útil obtenidos en otros estudios como el de **E. García (2020)** que da un tiempo de 12 meses para un fideo de 7,8% de humedad elaborado con harina de trigo y 11 meses para un fideo con 15% de harina de chocho con una humedad final de 13% (**Pantoja & Prieto, 2014**). El tiempo de vida útil en el presente estudio difiere de los fideos comunes debido a la composición que presenta en contraste con el fideo de control ya que tiene ausencia de crecimiento de microorganismos, se puede decir que el contenido de azúcares y otros componentes presentes en las harinas de tubérculos andinos y harinas de residuos agroindustriales podrían influir en el menor tiempo de vida útil de los spaghettis F1 y F2.

3.1.4. Estimación de costo

En las tablas 9 y 10 se muestran los costos de materia prima necesaria para la

elaboración de los spaghetti (F1 y F2), estos costos se aproximan a los 2 USD para cada muestra mencionada. El costo de la maquinaria utilizada para la elaboración de 4 fundas de spaghetti de 250 g fue de 0,048 USD, cabe señalar que estos costos se dan a escala de laboratorio, además de omitir algunos equipos como el de amasado y laminado ya que estos se realizaron de forma manual. Además, el costo de mano de obra directa para elaborar 1 Kg de producto fue 7,50 USD.

El costo unitario para una funda de 250 g de spaghetti F1 y F2 fue de 2,71 USD y 2,67 USD respectivamente, estos valores podrían considerarse elevados, sin embargo, las harinas utilizadas son libres de gluten y de productos infrautilizados con propiedades nutricionales excepcionales, lo que podría generar un costo elevado, pero su calidad nutricional es diferente a sus homólogos elaborados con trigo. Para tener una tasa de rentabilidad del 20% los spaghetti tendrán un precio de venta de 3,26 USD para F1 y 3,20 USD para F2, estos valores hacen que los spaghetti no puedan ser comparables con el costo de productos que se ofrecen en el mercado, además que se debe tomar en cuenta que dichos productos son elaborados con una sola harina o dos (libres de gluten) y que por lo general son de maíz y arroz lo que hace que su costo sea bajo. Sin embargo **Mora (2018)** en su estudio menciona que al haber realizado una encuesta en la ciudad de Guayaquil sobre productos libres de gluten, las personas dieron a conocer que estarían dispuestas a pagar hasta 7 USD por platos que contengan productos libres de gluten y hasta 3 USD por productos como snacks o dulces, haciendo alusión a que sería un precio conveniente para productos que les ayudaría a mejorar su salud. Otro estudio similar en la ciudad de Quito, menciona que para un fideo con harina de quinua, maíz y arroz se acepta un precio de 2,10 USD para 250 g, tomando en cuenta que las personas asocian con precios de fideos encontrados comúnmente y que son de trigo (**Romero, 2018**). **Rojas (2013)** en su estudio económico para fideos de quinua menciona un precio de 3,57 USD para 250 g de producto, este su vez hace una comparación de precios con países como Bolivia, Argentina e incluso Italia, donde se puede observar que su costo es semejante a los que manejan estos países en relación con fideos libres de gluten. Entonces se puede decir que el costo obtenido para una funda de 250 g de spaghetti con harinas de tubérculos andinos y residuos agroindustriales (3,26 USD y 3,20 USD) estaría dentro del rango de precios para este tipo de productos e incluso resultaría más económico que el fideo de quinua. Los precios mencionados para F1 y F2 (3,26 USD y 3,20 USD) son bajos en

comparación al que menciona **Romero (2018)** en su estudio económico de fideos con harinas de maíz, arroz y quinua donde una funda de 250 g cuesta 3,50 USD.

3.1.5. Verificación de hipótesis

Se rechaza la hipótesis nula por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa: La mezcla de harinas de cultivos andinos y residuos agroindustriales afecta los compuestos bioactivos y la vida útil de los spaghettis.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- Se elaboró dos tipos de spaghetts utilizando harinas de cultivos andinos y residuos agroindustriales como una alternativa a productos libres de gluten, además con el aprovechamiento de estas materias primas se incentiva la recuperación de tubérculos ancestrales con la finalidad de proporcionar una nueva alternativa de industrialización a productos como mashua, oca, achira, papa china, chocho y residuos agroindustriales como el plátano.
- Dentro de la determinación del contenido fenólico, el spaghetti que presenta mayor cantidad de fenoles es el que contiene harina de papa china (9,6 μg ácido gálico/g de muestra), este contenido sumado a la cantidad de polifenoles de las demás harinas utilizadas hace que la presencia de polifenoles en F2 sea mayor, pese a que las cantidades usadas en cada formulación sea la misma.
- El tiempo de vida útil que se determinó en base al análisis microbiológico de aerobios mesófilos fue de 6 meses aproximadamente para el spaghetti F1 y 3 meses para F2.
- Tomando en cuenta que se requiere conservar la calidad de los spaghetts tanto en sus características físicas, organolépticas como también las relacionadas con el contenido fenólico de los mismos, se envasaron los productos en fundas aluminizadas ya que estas permiten la conservación de todas las características debido a su hermeticidad y opacidad.
- El costo de 250 g de spaghetti libre de gluten que se determinó tanto para F1 como para F2 fue de \$2,26 aproximadamente y el costo de venta con una tasa de retorno del 20% es de \$3,26 para F1 y \$3,20 para F2.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, K. (2007). *Elaboración de una pasta alimentaria a partir de semolas de diferentes variedades de cebada*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo - México. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10961/Elaboracion%20pasta%20alimentaria%20cebada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Afanador, A. (2005). EL BANANO VERDE DE RECHAZO EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE. *Revista EIA*(3), 51-68.
- Aguilar, G., & Vera, M. (2017). *Estudio de mercado para determinar la viabilidad comercial de la producción y comercialización de fideos de harina de plátano en el cantón Santo Domingo PUCE, Quito*. Recuperado de https://issuu.com/pucesd/docs/tesis_aguilar_y_vera
- Alayo, B. (2015). *Caracterización fisicoquímica y reológica de almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) variedad amarilla procedente de la provincia San Ignacio-Departamento de Cajamarca*. (Ingeniero Agroindustrial), Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú.
- Alcantara, R., Hurtada, W., & Dizon, E. (2013). The Nutritional Value and Phytochemical Components of Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] Powder and its Selected Processed Foods. *Journal of Nutrition & Food Science*, 3(3), 1-7. doi: 10.4172/2155-9600.1000207
- Alemán, C. (2019). *Determinación de carotenoides totales en cuatro variedades de mashua (Tropaeolum tuberosum), deshidratada.*, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/19948/1/T-UCE-0008-CQU-189.pdf>
- Alimentarius, C. (2015). Codex Stan 192, 1995. *Norme générale Codex pour les additifs alimentaires*.
- Almanza, S. (2012). *Espagheti adicionado con harina de plátano modificada: composición química y digestibilidad del almidón*. Instituto Politécnico

- Nacional, Yautepec-Morelos. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12776/Tesis%20Sirlen%20Almanza%20Ben%20C3%ADtez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alonso, L., & Poveda, J. (2008). *Estudio comparativo en técnicas de recuento rápido en el mercado y placas petri film 3M para el análisis de alimentos*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis230.pdf>
- Andrade, G., & Chiquito, K. (2007). *Elaboración de fideo a base de espinaca y zanahoria como alimento nutricional para niños y personas de tercera edad.*, Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/875>
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2003). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (INIAP Ed.). Quito-Ecuador: Copyright.
- Basantes, R. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bonete, M., Urquiza, 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.
- Cabeza, E. (2013). *Aplicación de la Microbiología Predictiva para la determinación de la vida útil de los alimentos*. Universidad de Pamplona, Bogotá. Recuperado de https://www.academia.edu/992792/Aplicaci%C3%B3n_de_la_Microbiolog%C3%ADa_Predictiva_en_la_determinaci%C3%B3n_de_la_vida_%C3%BAtil_de_los_alimentos
- Caicedo, G. (2014). *El cultivo de achira: Alternativa de producción para el pequeño productor* Colombia: Recuperado de http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/11_El_cultivo_achira_alternat_produc.pdf.
- Caicedo, Q., Rodríguez, B., & Valle, R. (2014). Una reseña sobre el uso de tubérculos

- de papa china (*Colocasia esculenta*) conservados en forma de ensilaje para alimentar cerdos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(1), 1-10.
- Calapi, M. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de harina achira para la ciudad de Quito*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4632/1/UPS-QT02003.pdf>
- Calderón, L. (2018). *Aprovechamiento integral de banana de rechazo en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29059/1/AL%20693.pdf>
- Calsin, M., Aro, J., & Tipacti, Z. (2016). Evaluación de la eficacia de antioxidantes de Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz&Pavón) en la oxidación del aceite de soya. *Revista de Investigación Altoandina*, 18(2), 7. doi: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.195>
- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez, L., & Pedreschi, R. (2018). Bioactive potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In U. A. L. Molina (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 84, pp. 287-343). Lima-Perú: Elsevier Inc.
- Cando, M. (2019). *Determinación de propiedades térmicas de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza), melloco amarillo (Ullucus tuberosus), papa china (Colocasia esculenta) y achira (Canna edulis)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30558/1/AL%20724.pdf>
- Carrillo, W. (2013). Lisozima: Actividad antibacteriana y alergenicidad. *Actualización en Nutrición*, 14(4), 314 - 326.
- Castañeda, B., Castro de la Mata, R., Manrique, R., & Ibañez, L. (2007). Efectos metabólicos de *Lepidium meyenii* Walpers, “MACA” y *Lupinus mutabilis* Sweet, “CHOCHO” en ratas. *Horizonte Médico*, 7(1), 32-38.
- Castañeda, B., Manrique, R., Gamarra, F., Muñoz, A., Ramos, F., Lizaraso, F., &

- Martínez, J. (2008). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis sweet* (chocho o tarwi). *Acta Médica Peruna*, 25(4).
- Custódio da Silva, W., Puiatti, M., Cecon, P., De Macedo, L., & Sedyama, T. (2019). Estimation of optimum experimental plot size for taro culture. *Ciencia Rural*, 49(5), 1-6.
- Chasi, C. (2012). *Evaluación de la calidad nutricional y sensorial de tortillas precocidas elaboradas con papa nativa (Solanum andígena) de tres variedades (yema de huevo, leona negra y chaucha roja) y enriquecidas con pasta de chocho (Lupinus mutabilis)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3075/1/AL484.pdf>
- Chirinos, M. (2015). Andean Lupin (*Lupinus mutabilis Sweet*) a plant with nutraceutical and medicinal potential. *Revista Biociencias*, 3(3), 163-172.
- De la Espriella, I. (2010). *Determinación de la vida útil de spaghetti y fideos Doria (elaborados en Barranquilla) bajo condiciones aceleradas*. (Ingeniero en Alimentos), Universidad de La Salle, Bogotá-Colombia.
- De Petre, N. (2016). *Galletitas libres de gluten a base de harina de sorgo rojo y okara*. Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
- Dussán, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5), 3-10. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Encarnación, S., & Salinas, J. (2017). Zamorano, Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6056/1/AGI-2017-022.pdf>
- epralima. (2020). Micrororganismos y alimentos. In E. P. Internacionales. (Ed.). Portugal.

- Espín, C. (2013). *Aporte al rescate de la mashua aplicando técnicas de cocina de vanguardia.*, Universidad de Cuenca Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1614/1/tgas76.pdf>
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). *Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador.* Quito - Ecuador: INIAP.
- Fan, L., Zhang, M., & Mujundar, S. (2006). Effect of Various Pretreatments on the Quality of Vacuum-Fried Carrot Chips. *Drying Technology*, 24, 1481-1486.
- Fennema, R. (1996). *Food Chemistry*: Editorial Acribia.
- Flores, E., Ortega, L., & Rincones, E. (2017). EVALUACION NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE PASTAS ALIMENTICIAS ELABORADAS CON SEMOLA DE TRIGO (*Triticum durum*) Y HARINA DE AHUYAMA (*Cucurbita máxima duch*). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(42), 3-17.
- Gamarra, N., Girón, C., Roque, B., & Díaz, J. (2011). Evaluación del contenido de Antocianinas de tres accesiones de Oca (*Oxalis tuberosa*) en condiciones frescas y cocidas del departamento de Junín. *Prospectiva Universitaria*, 8(12), 13-18.
- Garcés, B. (2019). *Obtención de harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) y oca (Oxalis tuberosa) mediante deshidratación para la elaboración de pastas artesanales.*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11786/1/84T00628.pdf>
- García, A., & Pacheco, E. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza B.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 60(2), 4195-4212.
- García, E. (2020). *“Elaboración de fideo blanco tipo tornillo a partir de una formulación de harina integral de Trigo y Quinoa en Industrias Catedral S.A.”.* Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30826/1/AL%20745.pdf>

- Gimeno, A. (2020). Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas (2-5). from <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/principales-factores-condicionantes-desarrollo-t26065.htm>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012>
- Güemes-Vera, N., Arciniega-Ruiz, E., & Dávila-Ortiz, G. (2004). Structural analysis of the *Lupinus mutabilis* seed, its flour, concentrate, and isolate as well as their behavior when mixed with wheat flour. *LWT - Food Science and Technology*, 37(3), 283-290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.07.001>
- Gulisano, A., Alves, S., Neves, J., & Trindade, L. (2019). Genetics and Breeding of *Lupinus mutabilis*: An Emerging Protein Crop. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-13.
- Haro, A., Borja, A., & Triviño, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos de plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos bioegradables. *Dominio de las Ciencias*, 3(2), 19. doi: <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.esp.506-525>
- Hernández, R., Berrios, J., Pan, J., Osorio, P., & Bello, L. (2009). Development and characterization of spaghetti with high resistant starch content supplemented with banana starch. *Food Science and Technology International*, 15(15), 5. doi: [10.1177/1082013208102379](https://doi.org/10.1177/1082013208102379)
- Hoyos, J., Jaramillo, P., Giraldo, A., Dufour, D., Sánchez, T., & Lucas, J. (2012). Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa spp.*). *Acta Agronómica*, 61(3), 214-229.
- Hurtado, P. (2012). *HARINA DE PLATANO SAZON DE DOS VARIEDADES COMO INGREDIENTE FUNCIONAL PARA LA SUSTITUCION PARCIAL EN LA ELABORACION DE FIDEOS*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.

- Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/261/FIA-182.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lalaleo, D. (2017). *Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir de harina y residuos de banana de rechazo*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24739>
- Laura, Y. T., William (2018). *Efecto hipoglucemiante de dos variedades de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón): negra y amarilla en ratas wistard diabéticas inducidas por aloxano*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7219/Laura_Chirinos_Yeny_Torres_Miramira_William.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodríguez, J. P., Ramos, Á., Alandia, G., . . . Jacobsen, S.-E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
- Lim, K. (2015). Edible medicinal and non medicinal plants. *Springer*, 9, 361-366.
- Liu, T., Burritt, D. J., Eyres, G. T., & Oey, I. (2018). Pulsed electric field processing reduces the oxalate content of oca (*Oxalis tuberosa*) tubers while retaining starch grains and the general structural integrity of tubers. *Food Chemistry*, 245, 890-898. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.085>
- Lobo, M., Medina, C., Grisales, J., Yepes, A., & Álvarez, J. (2017). Caracterización y evaluación morfológicas de la colección colombiana de achira, *Canna edulis Ker Gawl. (Cannaceae)*. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1).
- López, C., & Pillaca, J. (2018). *FORMULACION DE FIDEOS CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (Triticum durum) POR HARINA DE ZARANDAJA (Dolichos Lablab) PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR*. Universidad de Sipán, Perú. Recuperado de

- <http://200.60.28.26/bitstream/handle/uss/5472/L%20c3%b3pez%20Cabada%20%26%20Pillaca%20Inca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, K. (2019). *Desarrollo y caracterización de galletas elaboradas a partir de harina de camote (Ipomoea batatas), harina de zapallo (Cucurbita maxima) y harina de oca (Oxalis tuberosa)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Maestro, R., & Borja, R. (1993). Actividad antioxidante de esteróles y ácidos orgánicos naturales *Instituto de la grasa y sus derivados*, 44, 208 - 212.
- Martínez, C., Cayón, G., & Ligarreto, G. (2016). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Revista Corpoica*, 17(2), 217-227.
- Martínez, J., & Hernández, C. (2019). Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la seguridad de Alimentaria. *INIFAP*(1), 689.
- Martínez, K. (2015). *Evaluación de diferentes variedades de Oxalis tuberosa (OCA) para la obtención de harina con fines industriales*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/301/1/T-UTEQ-0036.pdf>
- Martínez, V. (2011). *EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO, POR DOS TIPOS DE HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza), EN LA CALIDAD DE LA PASTA*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/840/3/AL454%20Ref.%203403.pdf>
- Matínez, L., Ruivenkamp, G., & Jongerden, J. (2016). Fitomejoramiento y racionalidad social: los efectos no intencionales de la liberación de una semilla de lupino (*Lupinus mutabilis Sweet*) en Ecuador. *ANTÍPODA*(26), 71-91.
- Mazón, N. (1993). *Análisis de la variación morfológica e isoenzimática de la colección ecuatoriana de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Quito, Ecuador: Facultad de Ingeniería Agronómica Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2696/1/iniapscpm67.pdf>.

- Mejía, M., Salcedo, J., Vargas, S., Serna, J., & Torres, L. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 449-456.
- Mercado, J., López, M., Martínez, G., & Abraham, M. (2016). Estimación de la vida de anaquel mediante pruebas aceleradas en fresa entera en bolsas de polietileno y pulpa de fresa congelada. *Investigación y Desarrollo de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 4.
- Mirálbes, C. (2020). Alimentación. *Harinera la meta*. from <https://tecnosa.es/cuanto-sabes-sobre-el-almidon-en-panaderia/>
- Mora, A. (2018). *Productos sin gluten: un nuevo mercado por explotar en Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Guayaquil. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15538/1/UPS-GT002128.pdf>
- Morales, A. (2007). *Evaluación de cambios microbiológicos, pH, actividad de agua y color de tallarines instantáneos con vegetales y sabor a pollo bajo temperatura de deterioro acelerado.*, Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/596/1/AGI-2007-T027.pdf>
- Morillo, A., Morillo, Y., & Leguizamo, M. (2019). Caracterización morfológica y morfológica de *Oxalis tuberosa* Mol. en el departamento de Boyacá. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(2), 18-28.
- Myeongseon, K., Imkyung, O., Sungmin, J., & Suyong, L. (2019). Particle size effect of rice flour in a rice-zein noodle system for gluten-free noodles slit from sheeted doughs. *Journal of Cereal Science*, 86, 48 - 53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.006>Obtenga
- Naranjo, E., Tapia, G., Velázquez, R., Cruz, Y., Delgado, A., Borja, E., & Paredes, N. (2018). Caracterización eco-geográfica de Melloco (*Ullucus tuberosus* C.) en la región alto Andina del Ecuador. *Revista de las Agrociencias*(1), 31-46.
- NTE INEN 1375 (2014). Pastas alimenticias o fideos secos. Requisitos. Recuperado de https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1375-2.pdf

- Ocaña, I. (2019). *Caracterización fisicoquímica y reológica de cultivos andinos infrautilizados*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. Retrieved from <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30002/1/AL%20707.pdf>
- Ojeda, J. (2016). *Estudio de reducción de costos mediante instalación de un molino de trigo en la empresa sumesa*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16018/1/Tesis%20Examen%20Complejivo%20Jorge%20Ojeda_3%20Impresion%20y%20Anillar-1%20%20revisado%204%20indice%20tabla%20%283%29.pdf
- 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.)*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1465/OTJ_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortega, D., Rodríguez, A., David, A., & Zamora, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59(1), 111-118.
- Ovando, M. (2007). *PASTA ADICIONADA CON HARINA DE PLÁTANO: DIGESTIBILIDAD Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Pacheco, E., & Testa, G. (2005). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia*, 30(5), 300-304.
- Palacios, M. (2012). *Influencia del blanqueado y secado a dos temperaturas en el contenido de compuestos fenólicos, carotenoides y capacidad antioxidante de los tubérculos de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1042/T006045.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Palma, M., & Soledispa, G. (2018). *EFFECTO DE LA HARINA DE PAPA OCA EN DIFERENTES NIVELES EN LA CAPACIDAD HIGROSCÓPICA EN UNA GALLETA DULCE*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ, Manabí, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/789/1/TAI137.pdf>
- Pantoja, L., & Prieto, G. (2014). *Evaluación tecnológica y sensorial de pastas alimenticias enriquecidas con harina de quinua (Chenopodium quinua wil.) y tarwi (lupinus mutabilis sweet)*. Universidad Nacional del Santa, Chimbote - Perú.
- Pazuña, G. (2011). *Estudio del efecto de mejoradores de harina en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harinas de quinua (Chenopodium quinua) y papa (Solanum tuberosum)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/839/1/AL455%20Ref.3348.pdf>
- Peñaranda, L., Montenegro, S., & Giraldo, P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 9.
- Pérez, C. (2014). *Efecto de la fritura a presión reducida en el contenido de antioxidantes de mashua (Tropaeolum tuberosum)*. Universidad Técnica Equinoccial, Quito.
- Peris, B. (2014). *DESARROLLO DE FORMULACIONES DE PASTA FRESCA CON INCORPORACIÓN DE SALVADO MICRONIZADO Y AGENTES ESTRUCTURANTES: PROPIEDADES TECNOLÓGICAS*. Universitat Politècnica Valenciana, Valencia - España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/40270/Peris%20Fuertes.pdf?sequence=1>
- Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. (2018). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de lupino (*Lupinus mutabilis Sweet*) en la producción de pasta larga.

Información tecnológica, 29(2), 195-204.

Proaño, J., Urresta, P., & Racines, M. (2017). Efecto antimicrobiano de la vitamina c, vitamina e y aceite esencial de romero (*rosmarinus officinalis*) en salchichas de pollo tipo frankfurt. *Industrial Data*, 20(2), 27 - 36.

Quelal, M. (2012). *OBTENCIÓN DE RODAJAS FRITAS “CHIPS” DE MASHUA (Tropaeolum tuberosum) APLICANDO LA TECNOLOGÍA DE FRITURA* Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/4936/47752_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quilapanta, R., Dávila, M., Vásquez, C., & Frutos, V. (2018). Morfotipos de *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. (Zanahoria blanca) de Ecuador, como fuente de variabilidad del germoplasma. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 281-286.

Quispe, D. (2015). *COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE DIEZ GENOTIPOS DE LUPINO (L. mutabilis y L. albus) DESAMARGADOS POR PROCESO ACUOSO*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. Recuperado de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1816/Q04_Q8_T%20BAN%20UNALM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramírez, J., & Solórzano, A. (2012). *Banano rechazado para exportación en Ecuador: propuesta de creación de valor para lograr su introducción al mercado internacional*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2840/1/UPS-GT000315.pdf>

Reichel, H. (2007). Patículas flexuosas de aspecto viral aisladas de achira (*Canna edulis* Ker.) afectada por clorosis en Colombia. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 330-332.

Rodríguez, J., Rivadeneyra, J., Ramírez, E., Juárez, M., Herrera, E., Navarro, R., & Hernández, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de

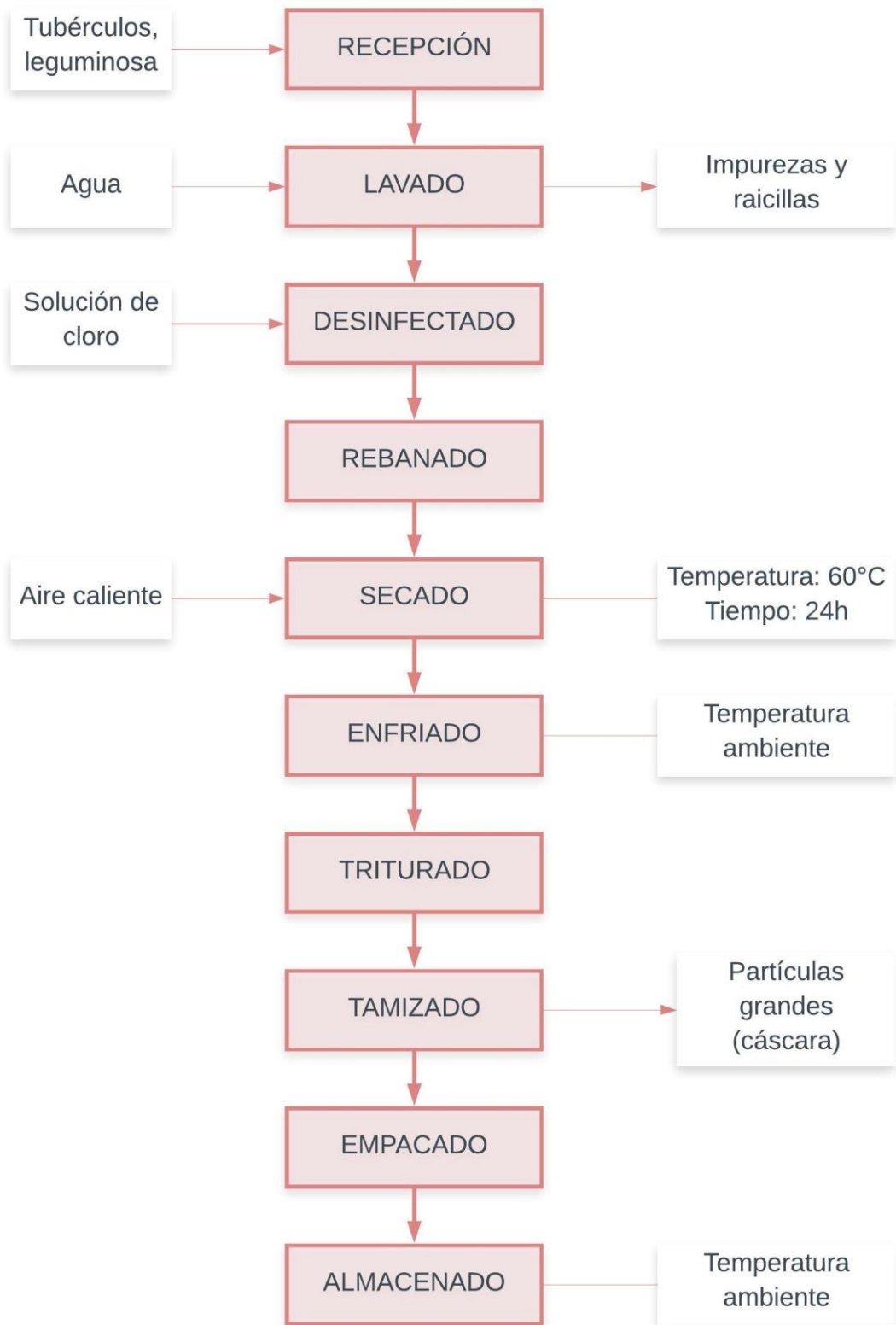
- Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 15(43), 37-47.
- Rojas, K. (2013). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD DE EXPORTACIÓN DE FIDEOS DE QUINUA AL SECTOR DE INTOLERANTES AL GLUTEN EN MADRID-ESPAÑA*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, Quito. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6799/1/54002_1.pdf
- Rollo, S. (2017). Pasta fresca al huevo paso a paso. *Una italiana en la cocina*.
- Romero, A. (2018). *Plan de negocios para la producción y comercialización de pasta sin gluten para celíacos en la ciudad de Quito*. UDLA, Quito. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10138/1/UDLA-EC-TIM-2018-22.pdf>
- Sacón, E., Bernal, I., Dueñas, A., Cobeña, G., & López, N. (2016). Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Tecnología Química*, 36(3), 457-467.
- Santacruz, S., Pennanen, M., & Ruales, J. (2012). Protein enrichment of oriental noodles based on Canna edulis starch. *Revista Boliviana de Química*, 29(1), 97-110.
- Sepúlveda, C., & Zapata, J. (2019). Efecto de la Temperatura, el pH y el Contenido en Sólidos sobre los Compuestos Fenólicos y la Actividad Antioxidante del Extracto de Bixa orellana L. *Información tecnológica*, 30(5), 57-65.
- Sivolí, L., Vera, K., Gahon, D., Mendéz, A., Ruiz, A., Pérez, E., & Guzmán, R. (2013). Evaluación de la Harina de Plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Ratones (*M. musculus*) Fenilcetonúricos. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 54(2), 108-115.
- TECNOLÓGICO, I. N. (Producer). (2017). Manual del protagonista: raíces y tubérculos. Recuperado de https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Raices_y_Tuberculos.pdf

- Temesgen, M., & Retta, N. (2015). Nutritional potential, health and food security benefits of tato (*Colocasia esculenta L.*). *The Open Food Science Journal*.
- Torres, A., Montero, P., & Julio, L. (2014). Utilización de almidón de malanga (*Colocasia esculenta L.*) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 97-106.
- Valcárcel, B., Rondán, G., & Finardi, F. (2013). The physical, chemical and functional characterization of starches from Andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa Molina*), olluco (*Ullucus tuberosus Caldas*) and mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49(3), 453-464.
- Vasiliu, M., & Navas, B. (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), 6.
- Vasquez, R., Ruesga, L., D'addosio, R., Páez, G., & Marín, M. (2008). Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(2).
- Vázquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J., & Raúl, G. (2016). EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA (*Chenopodium quinoa*) SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE LA MASAY TEXTURALES DEL PAN. *Revista Ibérica Tecnología Postcosecha*, 17(2), 307 - 317.
- Velásquez, F., & Velezmorro, C. (2018). Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 189-197.
- Villanueva, R. (2017). Productos libres de glúten: un reto para la industria de los alimentos. *Ingeniería Industrial*(35), 183-194.
- Wahanik, A., Neri, I., Patore, M., Chang, Y., & Pedrosa, T. (2018). Turmeric (*Curcuma longa L.*): new application as source of fiber and antioxidants in

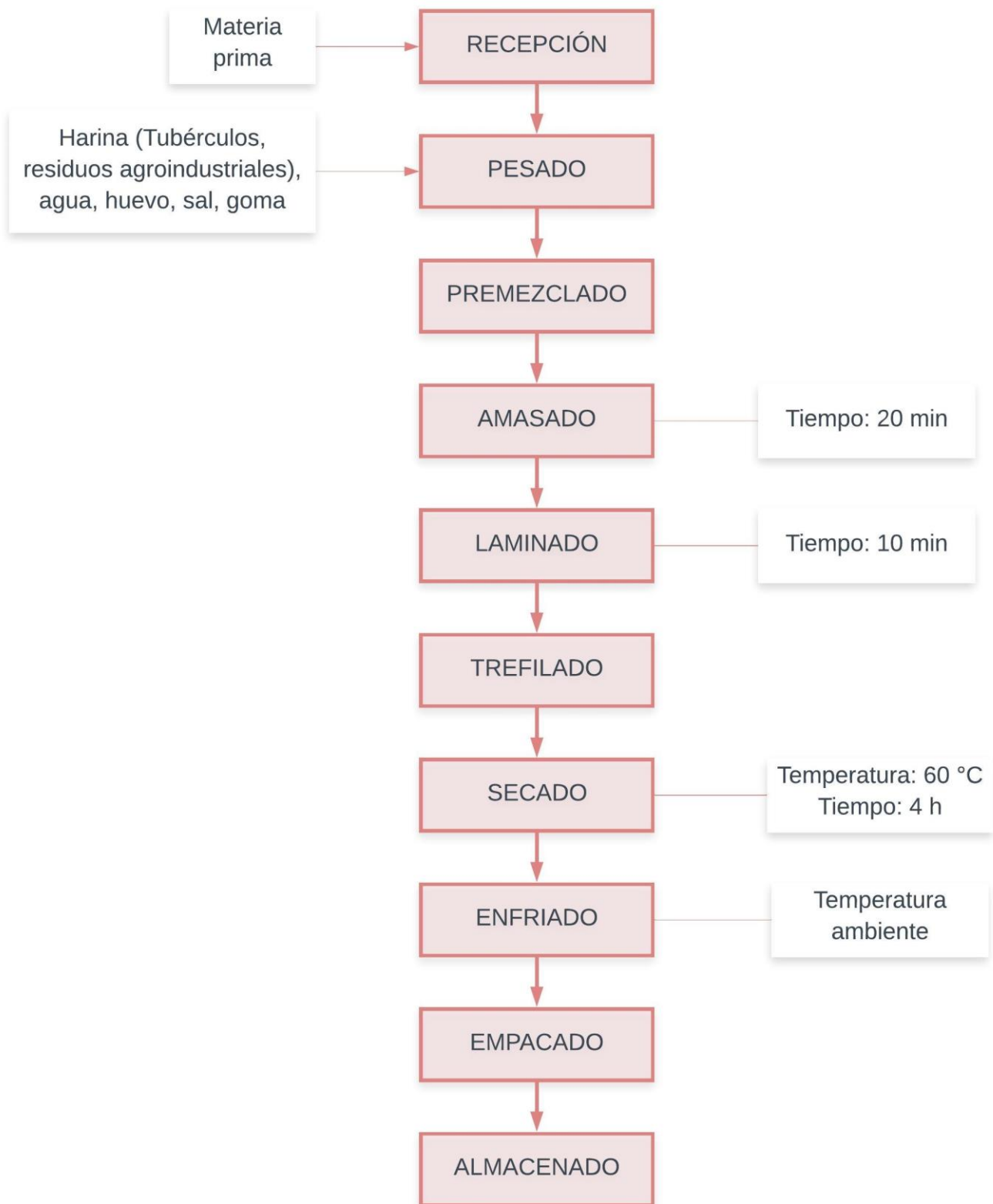
- pasta with whole wheat flour. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 71(1), 8423-8435. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rfna.v71n1.66210>
- Wittig de Penna, E., Serrano, L., Burger, A., Soto, D., López, L., Hernández, N., & Ruales, J. (2002). Optimización de una formulación de espaguetis enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el adulto mayor. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(1).
- Zapata, J., & Velásquez, C. (2013). *Estudio de la producción y comercialización de malanga: estrategias de incentivos para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4331/1/UPS-GT000395.pdf>
- Zhu, F., & Cui, R. (2019). Comparison of molecular structure of oca (*Oxalis tuberosa*), potato, and maize starches. *Food Chemistry*, 296, 116-122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.192>

ANEXOS

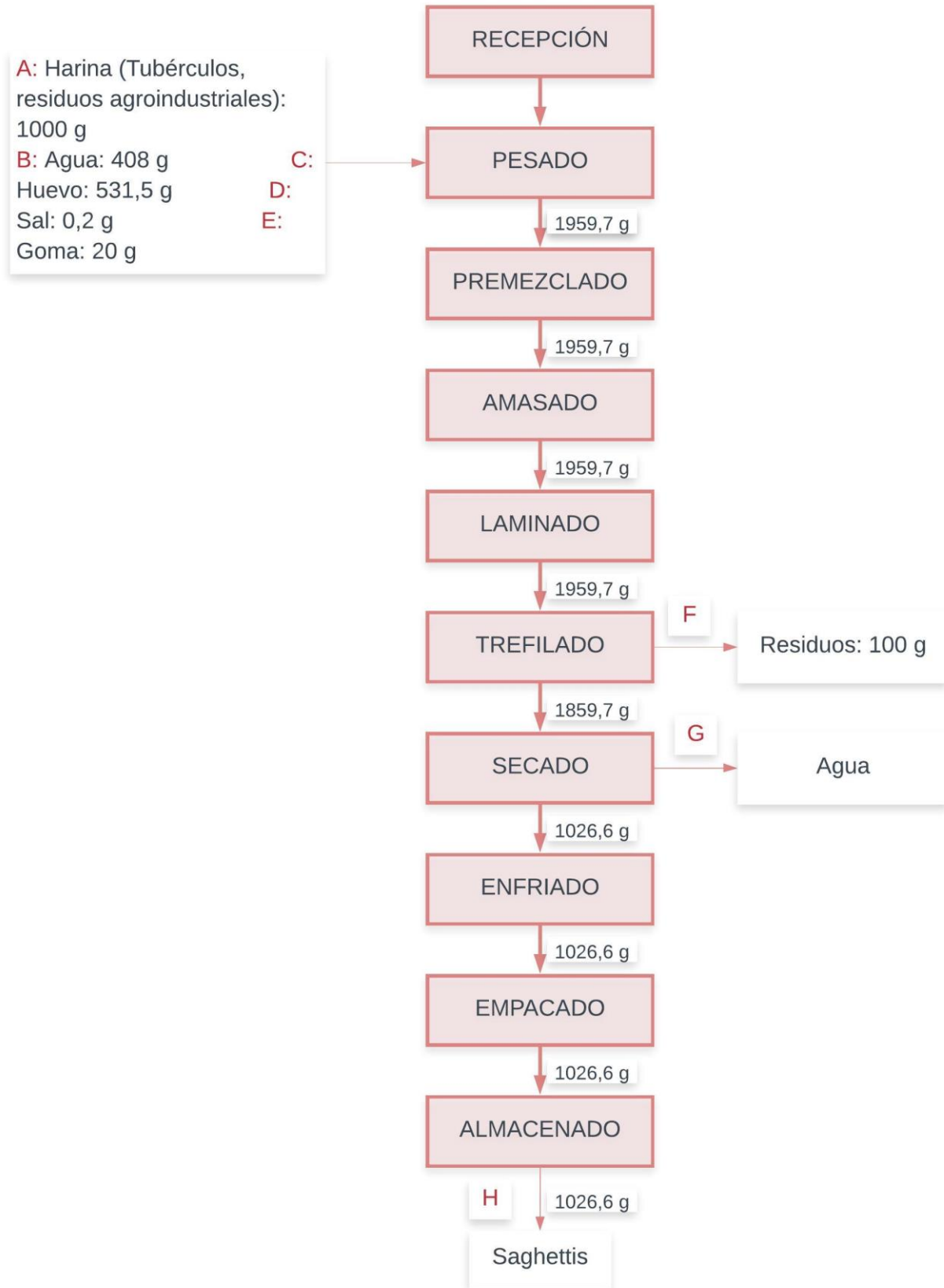
Anexo A. Diagramas de flujo.



Anexo A1. Diagrama de flujo de obtención de harina de cultivos andinos.



Anexo A2. Diagrama de flujo de elaboración de spaghettiis.



Anexo A3. Diagrama de flujo de elaboración de saghettis.

Anexo B. Cálculos de balance de materia, rendimiento de los spaghettis.

Tabla 7. Balance de materia de los spaghettis elaborados con cultivos andinos.

ENTRADAS	SALIDAS
A: Harina (tuberculos andinos, residuos agroindustriales, trigo)	F: Residuos
B: Agua	G: Agua
C: Huevo	H: Spaghettis
D: Sal	
E: Goma	

Tabla 8. Cantidades de cada operación de elaboración de spaghettis.

ENTRADAS	SALIDAS
A: 1000 g	F: 100 g
B: 408 g	G: ?
C: 531,5 g	H: 1026,6
D: 0,2 g	
E: 20 g	

Balance de materia

$$A + B + C + D + E = F + G + H$$

$$1000 \text{ g} + 408 \text{ g} + 531,5 \text{ g} + 0,2 \text{ g} + 20 \text{ g} = 100 \text{ g} + G + 1026,6 \text{ g}$$

$$1959,7 \text{ g} = 100 \text{ g} + G + 1026,6 \text{ g}$$

$$1859,7 \text{ g} = G + 1026,6 \text{ g}$$

$$G = 833,3 \text{ g}$$

Rendimiento

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso final (spaghetti seco)}}{\text{Peso inicial (masa para spaghetti)}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{1026,6 \text{ g}}{1959,7 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 52,38\%$$

Anexo C. Costos de producción de los spaghettis.

Tabla 9. Materiales directos e indirectos (spaghetti F1).

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Mashua	Kg	0,080	0,034	0,003
Oca	Kg	2,00E-05	6,60E-05	0,000
Papa China	Kg	0,000	0,042	0,000
Achira	Kg	0,350	0,112	0,039
Zanahoria Blanca	Kg	0,350	0,590	0,207
Platano	Kg	0,020	1,20E-03	0,000
Chocho	Kg	0,200	0,160	0,032
Huevo	Unidad	10,000	0,150	1,500
Goma	Kg	0,020	0,036	0,001
Sal	Kg	2,00E-05	0,750	0,000
Fundas aluminizadas	Unidad	4	0,075	0,300
Total (\$)				2,081

Tabla 10. Materiales directos e indirectos (spaghetti F2).

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Mashua	Kg	0,080	0,034	0,003
Oca	Kg	2,00E-05	6,60E-05	0,000
Papa China	Kg	0,350	0,042	0,015
Achira	Kg	0,350	0,112	0,039
Zanahoria Blanca	Kg	0,000	0,590	0,000
Platano	Kg	0,020	1,20E-03	0,000
Chocho	Kg	0,200	0,160	0,032
Huevo	Unidad	10,000	0,150	1,500
Goma	Kg	0,020	0,036	0,001
Sal	Kg	2,00E-05	0,750	0,000
Fundas aluminizadas	Unidad	4	0,075	0,300
Total (\$)				1,889

Tabla 11. Costos de los equipos requeridos para el procesamiento de spaguettis.

Descripción	Costo unitario (\$)	Depreciación años	Costo anual (\$)	Costo día (\$)	Costo hora (\$)	Horas utilizables	Total (\$)
Balanza	20,00	10	2,00	0,008	0,001	0,5	0,001
Deshidratador	215,00	10	21,50	0,086	0,011	4,0	0,043
Laminadora	50,00	10	5,00	0,020	0,003	0,5	0,001
Selladora	15,00	10	1,50	0,006	0,001	0,2	0,000
Mesa	20,00	5	4,00	0,016	0,002	1,0	0,002
Utensilios	15,00	5	3,00	0,012	0,002	0,5	0,001
Total (\$)							0,048

Tabla 12. Costos de insumos básicos.

Servicios	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Electricidad	1,356	kWh	0,9	1,2204
Agua	0,05	m3	0,35	0,0175
Total (\$)				1,2379

Tabla 13. Costos de personal.

Personal	Sueldo	Tiempo utilizable	Costo/hora (\$)	Costo total (\$)
1	400,00	3	2,50	7,50
Total (\$)				7,50

Tabla 14. Inversión estimada para la elaboración de spaghettis con tubérculos andinos y residuos agroindustriales.

Capital de trabajo	Monto F1	Monto F2
Materiales directos e indirectos	2,081	1,889
Equipos requeridos	0,048	0,048
Insumos básicos	1,238	1,238
Personal	7,500	7,500
Total (\$)	10,867	10,675
Cantidad de empaque	4	4
Costo Unitario (\$)	2,717	2,669
Tasa rentabilidad (20%)	0,543	0,534
Precio de venta (\$)	3,260	3,202

Anexo D. Fotografías



Figura 5. Proceso de corte de la mashua.



Figura 6. Proceso de corte de la oca.



Figura 7. Proceso de corte de la zanahoria.



Figura 8. Proceso de secado de la mashua.



Figura 9. Oca deshidratada.



Figura 10. Chocho deshidratado



Figura 11. Triturado de la mashua.



Figura 12. Triturado de la oca.

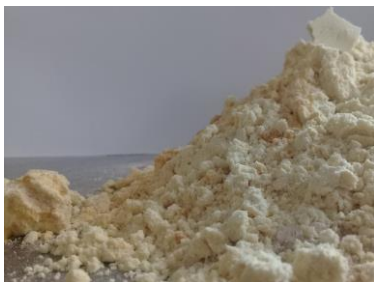


Figura 13. Mezcla de harinas.



Figura 14. Amasado.



Figura 15. Trefilado.



Figura 16. Proceso de secado (spaguettis).



Figura 17. Producto final (spaguettis).