



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales

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

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

Autora: Erika Victoria Andrade Chicaiza

Tutor: Mgs. Diego Manolo Salazar Garcés

Ambato – Ecuador

Septiembre 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mgs. Diego Manolo Salazar Garcés

Certifica:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo 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, 07 de agosto de 2020

Mgs. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I: 1803124294

TUTOR

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Erika Victoria Andrade Chicaiza, manifiesto que los resultados obtenidos en el Trabajo de Titulación, previo la obtención del título de Ingeniería en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Erika Victoria Andrade Chicaiza

C.I: 1719478917

AUTORA

APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para constancia firman:

.....

Presidente del Tribunal
Dr. Liliana Cerda
CI:1804148086

.....

Msc. Liliana Patricia Acurio Arcos
C.I: 1804067088

.....

Ph.D. Mayra Liliana Paredes Escobar
C.I: 0501873954

Ambato, 12 de octubre de 2020

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las reglamentaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Erika Victoria Andrade Chicaiza

C.I: 1719478917

AUTORA

DEDICATORIA

A mis padres Romel y Susana, quienes con su inmenso amor y ejemplo me inculcaron valores como la responsabilidad y la disciplina, y que con su apoyo incondicional alimentaron en mí el deseo de demostrar mis capacidades y la fe en mi tenacidad.

A mi hermana Andrea, que además de ser una amiga, es el reflejo de la originalidad, el esfuerzo, el amor propio y el carácter. A mis sobrinos Julián y Sofía, que con cada abrazo se convierten en la razón de las sonrisas más puras y las energías que de verdad llenan el alma; el empujón más tierno y sincero, los que me dan motivo para volver triunfante a su lado.

A mi compañera de aventuras Libi, que durante estos años lejos de casa fue para mí el nido de un nuevo hogar; quien me acogió en su vida y me dio su apoyo; por las desveladas a mi lado, los buenos y malos momentos que enriquecieron totalmente mi estadía en esta querida ciudad.

AGRADECIMIENTO

Al grupo de investigación G+ Biofood and Engineering, por la oportunidad de formar parte de este gran proyecto y permitirme conocer y aprender aún más poniendo en práctica mis conocimientos.

A mis profesores, quienes aportaron de muchas maneras en mi crecimiento profesional y personal, en especial al Msc. Diego Salazar por ser un gran ejemplo de docente y persona, por lo aprendido en clases y la ayudantía, por la paciencia y por compartir sus experiencias.

A mis amigos, cómplices de muchos proyectos y momentos especiales, por tenerme paciencia y ayudarme a crecer personalmente con su juventud a flor de piel. A Diego, mi compañero y confidente, por tantas conversaciones y su gran personalidad, la que admiro; a quien espero tener por siempre a mi lado.

ÍNDICE GENERAL

Portada del Trabajo de Titulación	
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÌNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	22
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
CAPITULO II.....	33
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2.1 Hipótesis nula (Ho).....	66
2.2.2 Hipótesis alternativa (Hi).....	6
2.2 Señalamientos de las variables	66
Variable independiente	6

Variable dependiente	6
CAPÍTULO III.....	7
3.1 METODOLOGÍA	7
3.1.1 Obtención de la harina.....	7
3.1.2 Formulación base.....	7
3.1.3 Estandarización de tamaño y tiempo de cocción.....	9
3.2 Análisis fisicoquímico.....	10
3.2.1 Porcentaje de humedad.....	10
3.2.2 Proteína.....	10
3.2.3 pH y acidez titulable	10
3.2.4 Ceniza	1111
3.2.5 Color	11
3.2.6 Grasa cruda.....	12
3.2.7 Carbohidratos totales	112
3.2.8 Fibra dietética	13
3.3 Propiedades tecno-funcionales.....	13
3.3.1 Tensión – compresión.....	13
3.3.2 Textura.....	14
3.3.3 Volumen específico	14
3.3.4 Porcentaje de pérdida de peso	14
3.3.5 Capacidad de absorción de agua después de la cocción.....	15
3.4 Análisis estadístico.....	15
CAPÍTULO IV	16
4.1 Preparación de las masas.....	16
4.2 Análisis Fisicoquímico.....	16

4.2.1	Análisis proximal.....	16
4.2.2	Acidez y pH.....	20
4.2.3	Color.....	21
4.3	Propiedades tecno-funcionales.....	22
4.3.1	Tensión – compresión.....	22
4.3.2	Textura.....	23
4.3.3	Volumen específico.....	25
4.3.4	Porcentaje de pérdida de peso.....	26
4.3.5	Capacidad de absorción de agua después de la cocción.....	27
4.3.6	Integridad de la masa precocida.....	28
4.4	Análisis estadístico.....	29
CAPITULO V.....		30
5.1	Conclusiones.....	30
5.2	Recomendaciones.....	31
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS.....		36
Anexo 1: Diagrama de flujo: Preparación de las masas.....		36
Anexo 2: Balance de material.....		37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación base	8
Tabla 2. Análisis proximal de las muestras de masa de pizza.....	19
Tabla 3. Acidez y pH	20
Tabla 4. Parámetros de color.....	21
Tabla 5. Parámetros de tensión	22
Tabla 6. Perfil de textura.....	24
Tabla 7. Volumen específico	25
Tabla 8. Porcentaje de pérdida de peso.....	27
Tabla 9. Capacidad de absorción de agua	27
Tabla 10. Determinación de Entradas y Salidas para balance de materia	37

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de humedad.....	10
Ecuación 2. Determinación de ceniza	11
Ecuación 3. Determinación del croma	11
Ecuación 4. Determinación de tono	12
Ecuación 5. Determinación de grasa	12
Ecuación 6. Determinación de fibra.....	13
Ecuación 7. Determinación del volumen específico	14
Ecuación 8. Porcentaje pérdida de peso.....	14
Ecuación 9. Porcentaje ganancia de peso.....	15
Ecuación 10. Balance General de materia.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secador	7
Figura 2. Laminado.....	9
Figura 3. Masas precocidas.....	9
Figura 4. Colorímetro	11
Figura 5. Extracción de grasa.....	12
Figura 6. Tensión.....	23

Figura 7. Perfil de textura	24
Figura 8. Volumen Específico	26
Figura 9. Mini pizza libre de gluten.....	29
Figura 10. Diagrama de flujo.....	36

RESUMEN

La pizza es un alimento muy versátil, tanto por los ingredientes que la conforman como por la masa base. El desarrollo de una de masa para pizza libre de gluten es posible como una variante de productos en el mercado para celíacos, o personas que sigan dietas especiales. La experimentación con las masas concluyó en una óptima mezcla de harinas, viables para lograr color, textura y propiedades aceptables en el mercado, y con un bajo impacto glucémico.

La humedad de las masas F1 y F2 (12,8 y 18, 32%) en comparación con sus controles C1 y C2 (26,6 y 23,5%) presentó valores inferiores. La grasa representó una característica distintiva en cuanto a textura, lo que se refleja en la dureza (F1:18,1 y F2:19,2N), y firmeza (F1:11,1 y F2:10,6N).

La fibra representa valores significativos (F1:9,8 y F2:10,3%), posiblemente porque los tubérculos fueron procesados íntegros (con cáscara), lo que a su vez incrementa valores de cenizas en las muestras (F1:3,6 y F2:3,5), respecto a sus controles de trigo (C1:2,1 y C2:1,2).

Después de la cocción de las masas se evidenció pérdida de peso alrededor del 30%, lo que permite evidenciar que luego de la cocción la capacidad de retención de agua incrementa alrededor del 10% con respecto al armado de una pizza con masa tradicional.

Finalmente, el color de las masas se mostró dirigido hacia los tonos naranjas y marrones oscuros en el sistema CIEL*a*b. El color difiere significativamente de una masa de trigo, pero es aceptable y llamativo.

Palabras clave: Nutrición, Calidad alimentaria, Pizzas, Cultivos andinos, Residuos agroindustriales.

ABSTRACT

Pizza is a very versatile food, both for the ingredients that make it up and for the base dough. The development of a gluten-free pizza dough is possible as a variant of products on the market for celiacs, or people who follow special diets. The experimentation with the doughs concluded in an optimal mixture of flours, viable to achieve acceptable color, texture and properties in the market, and with a low glycemic impact.

The humidity of the masses F1 and F2 (12.8 and 18, 32%) in comparison with their controls C1 and C2 (26.6 and 23.5%) presented lower values. The fat represented a distinctive characteristic in terms of texture, which is reflected in the hardness (F1: 18.1 and F2: 19.2N), and firmness (F1: 11.1 and F2: 10.6N).

The fiber represents significant values (F1: 9.8 and F2: 10.3%), possibly because the tubers were processed intact (with skin), which in turn increases ash values in the samples (F1: 3.6 and F2: 3.5), with respect to their wheat controls (C1: 2.1 and C2: 1.2).

After cooking the doughs, a weight loss of around 30% was evidenced, which shows that after cooking the water retention capacity increases by around 10% compared to assembling a pizza with traditional dough.

Finally, the color of the masses was shown to be directed towards the orange and dark brown tones in the CIEL * a * b system. The color differs significantly from a wheat dough, but is acceptable and eye-catching.

Keywords: Nutrition, Food quality, Pizzas, Andean crops, Agro-industrial waste.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACION

Caracterización físico-química y tecnofuncional de masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La aparición y desarrollo de nuevos alimentos, y en especial alimentos que cumplan con características funcionales, ha marcado tendencia tanto a nivel local como internacional. Sin embargo, las propiedades sensoriales de estos productos constituyen aún un desafío para la industria, debido a que influyen en los consumidores más que la biodisponibilidad de sus nutrientes (Aimaretti, Llopart, Codevilla, Baudino, and Clementz. 2011). Así mismo, las recomendaciones actuales de consumir productos con un alto valor nutricional y a su vez utilizar recursos nativos tradicionales han presentado un crecimiento interesante.

La pizza es una de las especialidades de la cocina italiana, que internacionalmente ha sido introducida en las cocinas del mundo a lo largo de la historia y está muy implantada en el paisaje culinario mundial del principio del siglo XXI (Duhart, Meinhardt Haid, & Tellström, 2006). Su elaboración es rápida, simple y económica, convirtiéndose en un alimento para todas las personas (Marino & Crocco, 2015).

La elaboración de la masa de pizza con harina hecha a base de cultivos andinos infrautilizados como la papa china, zanahoria blanca, achira, mashua, oca y chocho, le proporcionará una característica tradicional y ecuatoriana, proporcionando una alternativa viable al trigo y formando finalmente un producto libre de gluten. El gluten es de color blanco grisáceo, duro y elástico, presente en el trigo y, en menor medida, en el centeno; proporciona a la masa de pan el tacto viscoso o pegajoso que retiene el gas cuando se eleva por acción de la levadura (Guinand Guzmán, 2013).

El celiaquismo es cuatro veces mayor en la actualidad con respecto a lo que fue hace 50 años (Catassi et al., 2007). Según Villacrés, Quelal, and Álvarez (2013), las posibilidades de fomentar

el uso y consumo de los cultivos andinos depende del conocimiento que se disponga sobre sus principales características físicas, nutricionales y funcionales, para así orientar a las posibles aplicaciones técnicas.

La elección de la pizza como variante de alimento se fundamenta en que es un producto de consumo masivo, en todos los sectores de la sociedad y consumido por personas de todas las edades (Aimaretti et al., 2011). El hecho de que sea de fácil acceso permite la incorporación de una variante de masa de pizza libre de gluten, diversificando los productos existentes que poseen esta característica. El estudio propuesto pretende elaborar y evaluar una masa para pizza utilizando una mezcla de harinas elaboradas a partir de cultivos andinos infrautilizados como la oca o la mashua.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar una masa para pizza con la mezcla de harinas provenientes de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales.
- Establecer las propiedades tecno-funcionales de masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El gluten presente en la harina de trigo (ingrediente principal de la masa de pizza tradicional) es el responsable de la elasticidad propia de la masa de pan y facilita la retención de los gases durante la etapa de leudado causando el incremento del volumen de las masas (Sciarini & Perez, 2013). Cuando la harina de trigo se reemplaza por otra, la masa carece de la estructura y textura típicamente asociadas con los productos horneados (Dacey & O'connor, 2016). En este sentido, crear una matriz alimentaria libre de gluten es un reto interesante a desarrollar, por lo cual, se recomienda el uso de otros aditivos como el huevo para intentar suplir la carencia de gluten, y en lo posible, simular una masa de pizza tradicional (Arendt, O'brien, & Gormley, 2002).

El análisis de funcionalidad de las harinas de cultivos infrautilizados según Silva Idrovo (2019), mostró que las propiedades panaderas no son buenas, pese a que sí lo son sus propiedades nutricionales. En la fabricación de la masa, generalmente, se necesita harina, aditivos y agua en las proporciones correctas y en forma de mezcla (Gandikota & MacRitchie, 2005), para que el leudado y el tiempo de cocción de la masa sean cortos y óptimos.

Los cultivos andinos desempeñan un rol muy importante en la seguridad alimentaria de la población andina (Villacrés, 2013), pero a pesar de su aporte nutricional, estos productos han perdido el impacto que se desea en una buena alimentación, por lo que el uso de cultivos andinos ancestrales podría ser una alternativa aplicable en productos clásicos como la pizza.

Taxonómicamente, la mashua es una angiosperma, perteneciente a la familia *Tropaeolaceae*, se distribuye geográficamente desde Colombia hasta el noroeste de Argentina. La medicina popular le atribuye un poder antibiótico, insecticida, nematicida y con propiedades diuréticas (Aguilar-Galvez et al., 2020); este tubérculo posee un alto contenido en carbohidratos y calorías, y relativamente alto en proteínas y fibras, además es rico en vitaminas A y C (Bonete, Urquiza, Guevara, & Yáñez, 2016).

La oca es una especie nativa de al menos 8.000 años de antigüedad, procede de la zona de los Andes comprendida entre Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, donde se viene cultivando desde la época precolombina. Según datos del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) reportados por Villacrés et al. (2013), la oca tiene en 100g de materia seca un contenido de 3 a 5g de proteína, de 85 a 88g de carbohidratos, en ella predominan los almidones y azúcares, y presenta un buen aporte de hierro y potasio.

De la achira se utilizan sus hojas en la gastronomía nacional, en Patate por ejemplo, se la usa para envolver las llamadas arepas de zapallo; así como también se da uso a su tubérculo por su gran contenido de almidón para preparaciones como galletas o coladas dulces (Bonete et al., 2016). En los últimos años, el cultivo se ha extinguido paulatinamente de las zonas productoras, principalmente por dificultades en el procesamiento y falta de tecnificación del producto (Villacrés et al., 2013).

El camote también es conocido con los nombres de batata, boniato o patata dulce (Pino et al., 2017). El camote se destina a la alimentación humana y animal como consumo fresco y en productos elaborados como harina, almidón, alcohol, jarabes, glucosa y como colorante. El camote de pulpa anaranjada es una fuente importante de betacaroteno, precursor de la vitamina A (Pino et al., 2017).

La elaboración de harinas compuestas, a través de la mezcla de la harina de malanga o papa china con otras harinas, representa una alternativa para el uso de este tubérculo. Su valor radica en su alto contenido de almidón (30-85% base seca) y proteínas (1.4-7%), además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8%), vitamina A, C, calcio y fósforo (Ramírez-Rivera, Juárez-Barrientos, Herrera-Torres, Navarro-Cortez, & Hernández-Santos, 2011). Este producto es posiblemente una de las plantas cultivadas andinas más antiguas y su domesticación precedió a la de la papa. Posee un almidón de tamaño granular pequeño y características fisicoquímicas interesantes, un alto contenido de calcio, fósforo, hierro, vitaminas y carotenos; es de agradable sabor, fácil digestibilidad, apetecible y funcional (Mazón, Castillo, Hermann, & Espinosa, 1996).

El chocho es una leguminosa andina importante para la alimentación de la población y en los sistemas de producción de los pequeños y medianos productores de la sierra (Caicedo, Murillo, Pinzón, Peralta, & Rivera, 2010). Las formas más tradicionales de consumo según Peralta (2016) es solo en grano y un 4.8% lo utilizan en forma procesada como harina.

Todo proceso agroindustrial crea subproductos o residuos que, si no son tratados, reciclados o procesados apropiadamente, generan diversos problemas ambientales, a su vez, el desaprovechamiento de ciertos componentes que pueden resultar interesantes para la industria alimentaria como la fibra que posee la cáscara del banano.

Los desechos agroindustriales son materiales de gran importancia en la industria alimenticia, pues, con la aplicación apropiada de tecnologías alternativas, son capaces de generar subproductos como jarabes azucarados, los que se utilizan en la obtención de otros productos económicamente factibles como el bioetanol (Bonilla, Gómez, & Dávila, 2015).

El plátano es uno de los cultivos más comunes en todos los países con clima tropical, conocido porque ayuda a la retención de calcio, nitrógeno y fósforo en el cuerpo; el plátano puede ser utilizado para combatir los desórdenes intestinales como las úlceras, ya que es de los pocos frutos que pueden consumir pacientes con este mal (Blasco López & Montaña, 2015). Sin embargo, debido al hecho de que el banano es una fruta climatérica y debido al hábito de consumir fruta madura, grandes cantidades de este producto se pierden durante su comercialización y post-cosecha de manipulación (Wang, Zhang, & Mujumdar, 2012).

Otro componente esencial para la masa de pizza es el uso de levadura, que, además de darle más volumen, le aporta un sabor fermentado, característico de las masas de pizza fresca. Las levaduras fermentan el azúcar de la harina de trigo producida por la hidrólisis del almidón. Durante la fermentación se generan gases como producto de la actividad metabólica de las levaduras (Sciarini, Steffolani, & Leon, 2016).

Existen diferentes tipos de microorganismos que pueden fermentar azúcares para producir dióxido de carbono, pero el organismo más común en la industria de las masas es el *Saccharomyces cerevisiae*. Los principales productos de la fermentación son, en este caso, el CO₂ y el alcohol etílico, resultado de una serie compleja de reacciones controladas por enzimas (Sciarini et al., 2016). El CO₂ es el responsable del aumento de volumen de la masa, mientras que el alcohol colabora en la producción del aroma complejo de estos productos horneados.

Con la actualización de conocimientos y tecnología se ampliaron las diversas técnicas que se pueden utilizar al estudiar una matriz alimenticia. Las propiedades tecnofuncionales son entonces

las que representan una estandarización de los productos para alcanzar los más altos niveles de aceptación del consumidor. Según Badui Dergal (2016) cada uno de los diferentes componentes de los alimentos ha creado toda un área especializada de estudios.

2.2 HIPÓTESIS

2.2.1 Hipótesis nula (H₀)

Las harinas provenientes de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales de la industria bananera no inciden en las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de una masa base tipo pizza.

2.2.2 Hipótesis alternativa (H₁)

Las harinas provenientes de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales de la industria bananera no inciden en las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de una masa base tipo pizza.

2.3 Señalamientos de las variables

Variable independiente

Harinas de cultivos andinos infrautilizados (papa china, zanahoria blanca, chocho, oca, achira, y mashua) infrautilizados y residuos agroindustriales de la industria bananera.

Variable dependiente

Propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de una masa base tipo pizza.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

Los cultivos andinos: achira (*Canna edulis*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*oxalis tuberosa*), zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), fueron adquiridos en los mercados locales de Ambato, todos en perfectas condiciones; fueron seleccionados, lavados y acondicionados para su uso, mientras que el banano de rechazo como residuo agroindustrial se obtuvo de una procesadora de esta fruta.

3.1.1 Obtención de la harina

Se utilizó la metodología planteada por Lalaleo Córdova (2017). Los tubérculos fueron cortados en rodajas delgadas de aproximadamente 2 mm de espesor y se sometieron a secado 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 Oster y tamizadas de tal manera que se obtuvo un harina muy fina, lista para su utilización, posteriormente almacenada en fundas herméticas y esterilizadas.



Figura 1 Secador

3.1.2 Formulación base

La masa de pizza se preparó con las harinas provenientes de cultivos andinos, de tal manera que la mezcla de cinco diferentes tubérculos siempre suma 100% en conjunto con la harina de plátano, esto correspondiente a la fase farinácea. A esto se suma el resto de ingredientes como sal, azúcar,

levadura, goma xantan, proteína, y materia grasa. A su vez, para la revisión y comparación de las masas se realizó el control utilizando 100% de harina comercial de trigo, la panificación y el resto de ingredientes en la misma medida, así, posteriormente fue posible replicar el método de elaboración y estudios.

Tabla 1. Formulación base

Componente	%
Harina mezcla de 3 tubérculos	60
Grasa	15
Levadura	1.20
Tubérculo 4 y 5	0.70
Sal	0.01
Proteína	50
Goma Xantan	0.10

Se utilizó materia grasa líquida y sólida como variante de la formulación base, por las características sensoriales diferenciadas que aportan a la masa final, las mismas que se verificarán mediante textura con el parámetro de masticabilidad. En los productos de panificación, las grasas se utilizan para mejorar la textura de la miga ya que tienden a ablandar la masa final, lo cual puede ser percibido como un “síntoma” de frescura en el producto (Riera, 2004).

La adición de una goma como la goma xantan ayuda a estabilizar la estructura de la masa al formar un gel de gran viscosidad. Su capacidad de absorber hasta 100 veces su peso en agua permite su uso como retenedores de humedad para evitar el envejecimiento de los productos (Riera, 2004).

La fase líquida se conformó con la proteína de huevo, que le dio un aporte estructural extra y un mayor volumen al producto (Riera, 2004), y el agua necesaria para la formación de la masa. El amasado uniforme duró alrededor de 20 minutos con una fuerza constante, el tiempo de leudado se realizó a temperatura moderada (36°C) en un tiempo entre 40 y 60 minutos para aprovechar al máximo las propiedades de la levadura fresca. Un amasado óptimo produce piezas con gran volumen, tiernas, con un grano sedoso y suave, y buenas cualidades de conservación (Riera, 2004). Finalmente se diferenciaron las formulaciones con codificación sencilla, F1 para las masas con

grasa líquida y F2 con grasa sólida; asimismo los controles C1 y C2 para grasa líquida y sólida, respectivamente.

3.1.3 Estandarización de tamaño y tiempo de cocción

Se estiró la masa manualmente con un rodillo y con ayuda de una laminadora se garantizó la uniformidad del espesor en 0,3cm. El tamaño se estandarizó utilizando un cortador cilíndrico con un diámetro de 8cm.

Los tiempos de cocción varían de acuerdo al horno utilizado, en este caso se manejó un horno marca UMCO de única temperatura (180°C máx.) sin ventilación ni rotación, en el que se definió para todas las masas un tiempo de 10 min por lado, volteándolos para dar un color uniforme a la masa.



Figura 2. Laminado



Figura 3. Masas precocidas

3.2 Análisis fisicoquímico

3.2.1 Porcentaje de humedad

Se determinó con la metodología AOAC 930.15. Se colocó el crisol en la estufa a 110°C por media hora, se pasó inmediatamente al desecador hasta que alcanzó temperatura ambiente. Posteriormente se colocó 2g de masa de pizza en el crisol y se sometió a secado en estufa a 130°C por 24 horas. Después de este tiempo se llevó nuevamente al desecador y se registró el peso. El proceso culminó cuando alcanzó peso constante. El cálculo se realizó utilizando la Ecuación 1. Se determinó por triplicado.

$$\%H = \left[\frac{(W_1 - W_2)}{\text{Peso de la muestra}} \right]$$

(Ec. 1)

Dónde: W_1 = peso de la muestra + cápsula antes de la estufa; W_2 = peso de la muestra + cápsula después de la estufa.

3.2.2 Proteína

El contenido de proteína fue analizado por combustión siguiendo el método Dumas 968.06 propuesta en la norma (AOAC, 2005), para lo cual se empleó un analizador de nitrógeno Dumas (Modelo NDA 702, VELP® Scientifica, Usmate, Italia), (Factor N = 6.25).

3.2.3 pH y acidez titulable

En la determinación de pH y acidez se empleó el equipo titulador automático Mettler Toledo T50, se pesó 1g de muestra y se mezcló con 100ml de agua destilada; esto se homogenizó y finalmente filtró para obtener la muestra. Para la determinación se tomó 40ml del líquido y se sometió a análisis. Lo que se evaluó fue el porcentaje de ácido láctico. La determinación fue realizada por triplicado.

3.2.4 Ceniza

Se colocaron 2g de muestras de crisoles de porcelana tarados previamente, la muestra se colocó en la mufla y se incineró a 600°C por 2 horas siguiendo la metodología descrita en NTE INEN 520 (1981). Posteriormente se enfrió en un desecador hasta un peso constante. Los ensayos se realizaron por triplicado y se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{\text{peso de cenizas (g)} * 100}{\text{peso de muestra (g)}}$$

(Ec. 2)

3.2.5 Color



Figura 4. Colorímetro

Se determinó usando un colorímetro Lovibond (LC100, USA), mediante la metodología descrita por Kehr and Bórquez (2010). Se determinaron los valores L* de luminosidad (0 negro a 100 blanco), los valores a* que describen la tendencia al rojo (positivo) y verde (negativo), los valores b* que describen la tendencia al amarillo (positivo) y azul (negativo), mientras que IW describe el índice de blancura (100 blanco a 0 negro). La coordenada polar (C*) y el tono (h*). Las mediciones se realizaron por triplicado, finalmente, se calcularon con:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

(Ec. 3)

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

(Ec. 4)

3.2.6 Grasa cruda



Figura 5 Extracción de grasa

Basado en la INEN (2016), se pesó 1g de muestra en papel filtro y colocó en un dedal, el mismo que fue tapado con un algodón. Se colocaron 50 ml de hexano en vasos de aluminio previamente tarados, después las muestras fueron expuestas a un proceso de ebullición y lavados por 2 horas mediante la unidad Soxleth. Posteriormente, el solvente se recuperó por destilación. Se pesó la cantidad de grasa de cada vaso. El análisis se realizó por triplicado y fue calculado mediante la ecuación:

$$grasa\ cruda = \frac{w2 - w0}{w1} * 100$$

(Ec. 5)

w0= vaso de aluminio vacío w1= peso de la muestra

w2= peso del vaso con grasa

3.2.7 Carbohidratos totales

Se determinó con el método AOAC 101.92 (AOAC, 2005) el cual realiza el cálculo de carbohidratos totales por diferencia, restando a 100% de alimento la cantidad de grasa, proteína, humedad y cenizas que contiene la matriz alimenticia y la diferencia representa los carbohidratos totales.

Porcentaje de carbohidratos totales = 100 – (porcentaje Materia seca + porcentaje proteínas totales + porcentaje Extracto Etéreo + % Fibra Cruda + porcentaje Cenizas).

3.2.8 Fibra dietética

Se determinó con el método AOAC 985.29 de fibra dietética total (TDF). Se determinó en muestras duplicadas de material seco y desgrasado, las muestras se cocinaron a 100 ° C con termoestable α -amilasa para dar gelatinización, hidrólisis y despolimerización del almidón; se incubó a 60 ° C con la proteasa; se trató con cuatro volúmenes de etanol para precipitar la fibra soluble y eliminar la proteína despolimerizada y glucosa. El residuo se filtró, lavó con 78% de etanol, 95% de etanol, y acetona; se secó y se pesó.

$$\%Fibra\ cruda = \frac{F_1 - F_2}{F_0} * 100$$

(Ec. 6)

Dónde:

F₀: Peso de la muestra (g)

F₁: Fibra cruda + cenizas (g)

F₂: Fibra cruda (g)

3.3 Propiedades tecno-funcionales

3.3.1 Tensión – compresión

Las propiedades de gran deformación y fractura de productos alimenticios sólidos y semisólidos son de gran importancia para las propiedades de manipulación y almacenamiento posterior al procesado. (Rosenthal, 2001). Para la determinación se utilizó el Texturómetro de Brookfield Pro CT3, con las paletas de tensión con una distancia de las mordazas de 2.1cm entre ellas. Las muestras se cortaron de tal manera que sea de dimensiones constantes, en forma de cilindro con un espesor de 0.5cm y un diámetro de 6cm. Se aplicó una carga de activación de 0.07N, en un porcentaje de deformación del 100%.

3.3.2 Textura

El análisis de perfil de textura permitió establecer parámetros de dureza, deformación recuperable, trabajo de dureza, trabajo total y masticabilidad del producto final.

Se empleó un Texturómetro (Pro CT3 Brookfield, USA), con la sonda TA4/1000, a una velocidad de 2 mm/s, con una ubicación base de 73 mm, para una deformación del 100%. La evaluación se realizó en intervalos de 1-3 y 6 días manteniendo las muestras en condiciones constantes de almacenamiento (25°C, 30% humedad relativa).

3.3.3 Volumen específico

El volumen es un indicador, al igual que el peso, muy importante en los productos de panadería (Zanella, Mendoza, Aguilar, & Justo, 2005). El volumen específico del pan se calculó siguiendo el modelo matemático de volumen-masa descrita por Huang, Kim, Li, and Rayas-Duarte (2008). Los cálculos se realizarán con la Ec.8, a su vez, se utilizará la metodología de volumen por desplazamiento utilizada por Verheyen (Verheyen, Albrecht, Elgeti, Jekle, & Becker), donde las muestras serán colocadas a una altura conocida y medidas después del horneado, para determinar elevación de la masa de pizza.

$$\text{Volumen específico } \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}}\right) = \frac{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}{\text{Peso (g)}} \quad (\text{Ec. 7})$$

3.3.4 Porcentaje de pérdida de peso

La masa obtenida se pesó antes y después del horneado, una vez enfriada en una balanza analítica. El objetivo de pesar la masa antes y después de horneado fue para obtener el rendimiento durante el horneado. (Zanella et al., 2005) El peso se reportó en gramos y el resultado final en porcentaje.

$$\text{Pérdida de peso/horneado} = \frac{(\text{peso inicial masa} - \text{peso masa frío})}{\text{Peso inicial masa}} \times 100 \quad (\text{Ec. 8})$$

3.3.5 Capacidad de absorción de agua después de la cocción

Para determinar la absorción de líquidos de las masas precocidas, se procedió a pesar la masa precocida fría; posteriormente se añadió los ingredientes típicos de una pizza, como son: pasta de tomate, queso mozzarella y jamón. Se horneó la pizza a 180 °C por 3 minutos hasta derretir el queso. Finalmente, se procedió a pesar la masa una vez retirado todos los ingredientes añadidos para determinar la ganancia de humedad según la ecuación 9.

$$\text{ganancia por adición de ingredientes} = \frac{(\text{peso pizza} - \text{peso masa inicial})}{\text{Peso inicial masa}} \times 100$$

(Ec. 9)

3.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las muestras de masa para pizza fueron tabulados en el programa informático Excel y fueron reportados como el promedio de tres replicas para cada determinación fisicoquímica y tecnofuncional con su correspondiente desviación estándar para su análisis.

Se trabajará con un análisis univariante por bloques, de los cuales serán por componente graso, y las variables respuesta serán el tipo de harina en las masas de pizza, y por cada tratamiento se presentarán 3 réplicas. El análisis estadístico se desarrollará con el software Statgraphics para la masa de pizza de las formulaciones por triplicado en cada característica fisicoquímica y tecnofuncional. Se empleará la prueba de Tukey para la comparación por pares con un nivel de confianza del 95%.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Preparación de las masas

La masa de pizza fue elaborada acorde a la formulación planteada, la textura inicial de las experimentaciones fue bastante maleable por lo que se decidió continuar con la siguiente fase de la masa, el horneado. En este momento del proceso, la forma de las masas y su espesor incidieron en la obtención de resultados confiable. Por lo que, finalmente se utilizó un molde de 8cm de diámetro con un espesor aproximado de 2mm. Finalmente, se presentaron masas uniformes con elevación, color y textura aceptable y de buen sabor.

4.2 Análisis Físicoquímico

Las tablas registradas presentan codificación de acuerdo al tipo de formulación y harina utilizada, de tal manera que: F1 (masa de pizza con harina de cultivos infrautilizados, residuos agroindustriales y banano de rechazo con aceite), F2 (masa de pizza con harina de cultivos infrautilizados, residuos agroindustriales y banano de rechazo con margarina), C1 (masa de pizza control con harina de trigo con aceite), y C2 (masa de pizza control con harina de trigo con margarina).

4.2.1 Análisis proximal

4.2.1.1 Humedad

En la Tabla N.2 se muestran los valores de humedad, los resultados permiten evidenciar que la muestra control C1 y C2 presentan mayor porcentaje de humedad, el análisis estadístico muestra a su vez diferencia significativa entre cada formulación. El contenido de agua de las masas libres de gluten es generalmente mayor al de las masas de harina de trigo (Sciarini & Perez, 2013), sin embargo, posterior al horneado, las masas sin gluten no retuvieron de igual manera la humedad. Los tiempos de cocción deben acortarse para permitir a la masa mantener un nivel de humedad residual suficiente para que no se seque (Prandoni & Gianotti, 2013).

Los valores de humedad de las muestras variaron entre 12.81% y 23.51% entre cada formulación y su control. Las comparaciones se hacen con la norma (INEN) para pan común, puesto que presenta una matriz similar a la masa de pizza, la cual indica que la humedad no debe ser mayor al 35% por ser un producto de consumo inmediato; entonces, la humedad obtenida en las masas de tubérculos y su control de trigo están dentro de los límites permisibles. La capacidad de retención de agua depende de factores intrínsecos (tipo carbohidrato) y extrínsecos (pH, temperatura, etcétera) Badui Dergal (2016). Por consiguiente, la cocción de las masas a base de tubérculos produjo que la humedad retenida inicialmente se redujera, a diferencia del control, que por las características del trigo, hace que el agua se mantenga posterior a la cocción. Este comportamiento podría estar atribuido al cruzamiento macromolecular que ocurre con el gluten presente en la harina de trigo, que ejerce un profundo efecto sobre las propiedades de los alimentos, como retardar la migración de humedad en los productos horneados (Fennema, 1992)

4.2.1.2 Grasas

En la Tabla N.2 se puede observar que las masas control poseen menor porcentaje lipídico (11%) respecto a las masas sin gluten (12%), a su vez, se reporta diferencia significativa ($p < 0.05$) entre formulaciones. En general los cultivos andinos presentan bajos valores de extracto etéreo con una media de 1,26%, de los cuales la mashua presenta un 4,61% (Espín, 2004), tubérculo que forma parte de la mezcla de harinas utilizada y que podría incidir en la variación entre las masas sin gluten y el control. La única diferencia en panificación entre estos dos grupos es su estado físico, normalmente se utiliza el término “grasa” para denominar a cualquiera sin atender su estado físico (Riera, 2004).

Todos los almidones retienen pequeñas cantidades de lípidos (Fennema, 1992), por lo que se presume que al poseer las harinas de tubérculos (mashua, zanahoria blanca o la achira) una cantidad considerable de almidón, como de 46,92%, 63,72% y 53,63%, respectivamente (Espín, Villacrés, & Brito Grandes, 2004); esto podría ayudar a retener mayor cantidad de compuestos lipídicos con respecto al control elaborado con harina de trigo, la que presenta menor porcentaje de almidón intacto (69%), ya que tiende a perder su estructura durante la molienda, la que se realiza para refinar la harina, reduciéndolo hasta un 10.5% del almidón total (De la Horra, Seghezzeo, Molfese, Ribotta, & León, 2012). Finalmente, al adicionar harina de chocho por fuera de la masa

antes de la cocción, se podría presumir que su valor de materia grasa (17,18%) reportado por Ocaña Palacios (2019) influye también el porcentaje evaluado en las masas libres de gluten.

4.2.1.3 Cenizas

El contenido de cenizas de las muestras con harinas de cultivos andinos fue de 3,5% para la F2 y 3,64% para la F1, lo que podría estar asociado al contenido de minerales como sodio y calcio, reportados en la cáscara y que podrían aumentar el valor de cenizas en comparación con una harina de pulpa de banano (Lalaleo Córdova, 2017). Díaz Jiménez (2016) muestra en su producto masa para pizza enriquecida con fibra proveniente del salvado de arroz, valores similares (3,2%). El control con harina de trigo presentó valores menores, entre 2 y 1%, los que se encuentran dentro de lo especificado por Kirk, Sawyer and Egan (2004) para productos como la masa de pizza.

4.2.1.4 Proteína

Los valores del contenido de proteína oscilaron entre 1,44% (F2) y 9,95% (C2), presentando diferencia significativa ($p < 0.05$) entre formulaciones. Estudios realizados por Díaz, (2016) en masa para pizza enriquecida con fibra proveniente del salvado de arroz, presentan valores superiores a las formulaciones F1 y F2, y próximas a los controles, probablemente por la composición de las masas de pizza evaluadas. Asimismo, la masa de pizza presentada por López, Mujica, Manzano, & Vera (2015) reporta mayor cantidad de proteína en el control con trigo (11,22%), de tal manera que los controles de masa de pizza presentan valores de proteína similares a los estudios reportados.

En cambio F1 y F2 presentan valores inferiores de proteína, lo que puede atribuirse al tiempo y temperatura de cocción de la masa estudiada, lo que produce la desnaturalización de las proteínas en mayor medida. Silva Idrovo (2019), reporta en sus muffins con harinas de cultivos infrautilizados, valores de proteína alrededor de 1,17 a 2,32%, similar a F2, por lo que se podría presumir que las harinas de cultivos infrautilizados no representan una fuente significativa de proteína.

4.2.1.5 Fibra

El porcentaje de fibra se muestra superior al control en las formulaciones para masa de pizza elaborada con harina de cultivos infrautilizados, debido a las estructuras fibrosas (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas entre otras) presentes en gran cantidad en la cáscara de los tubérculos (Espín, 2004). Un producto alimenticio puede ser etiquetado como “fuente de fibra dietética”, si contiene al menos 3g (Glicerina, 2018), por lo que se podría decir que los productos presentados serían una fuente significativa de fibra, frente a una masa de pizza tradicional elaborada con harina de trigo.

4.2.1.6 Carbohidratos

El contenido de carbohidratos varió entre 54,89% y 46,27%. Las muestras con harinas de cultivos andinos presentaron los valores más elevados (54,9 y 54,1%) respecto a las muestras control. Los resultados difieren de los reportados por López et al. (2015) donde obtuvo valores más bajos (34,6%) en una pizza libre de gluten a base de almidón de maíz, arroz y papa, esta diferencia probablemente se debe a que las masas de pizza fueron elaboradas con seis diferentes tubérculos y banano de rechazo. Por otra parte, Guinand Guzmán (2013) reportó valores mucho más altos (77,9%). Estas variaciones pueden estar relacionadas con las características genotípicas de los tubérculos utilizadas en las harinas como estado metabólico, ambiental y estados de madurez (Barrera, 2003).

Tabla 2. Análisis proximal de las muestras de masa de pizza

MUESTRA	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	CH (%)
F1	12.81±0,17 ^a	6.79±0,00 ^c	12.10±0,24 ^c	9.76±0,00 ^c	3.64±0,23 ^c	54,89±0,54 ^d
F2	18.32±1.40 ^b	1.44±0,00 ^a	12.30±0,12 ^d	10.30±0,00 ^d	3.51±0,03 ^c	54,13±0,54 ^c
C1	26.60±0,02 ^c	1.62±0,00 ^b	11,00±0,06 ^b	5.45±0,00 ^a	2.09±2,02 ^b	53,23±4,92 ^b
C2	23.51±0,24 ^d	9.95±0,00 ^d	10.90±0,10 ^a	8.14±0,00 ^b	1.23±0,00 ^a	46,27±4,92 ^a

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

4.2.2 Acidez y pH

La acidez y pH de las muestras de masa de pizza a base de harinas de cultivos andinos se observan en la Tabla 3. El análisis estadístico permitió establecer diferencia significativa ($p < 0,05$) entre formulaciones. La acidez en las masas producidas con harinas de cultivos andinos fue superior (0,18 % de ácido láctico) en comparación con los controles. Sin embargo, este valor no difiere a lo reportado por Condori Roque (2019) que presenta un porcentaje de acidez de 0,19. Estas características fisicoquímicas de la masa se debe posiblemente a que las masas son expuestas a una fermentación a 36°C por 30 minutos, donde ocurre cambios de pH por la producción de ácido láctico y por las enzimas que catalizan los azúcares complejos en moléculas simples de glucosa (Walker & Walker, 2018). Así mismo, estos valores podrían ser atribuidos a la presencia de ácido oxálico y ácido ascórbico en la composición de algunos tubérculos (Barrera, Espinosa, Tapia, Monteros, & Valverde, 2004).

Tabla 3. Acidez y pH

MUESTRA	Acidez (% Ac. Láctico)	pH
F1	0.18±0,00 ^c	6.41±0,00 ^a
F2	0.18±0,00 ^c	6.49±0,01 ^a
C1	0.09±0,00 ^b	6.91±0,18 ^b
C2	0.06±0,01 ^a	8.13±0,27 ^c

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

En cuanto al pH, los resultados marcaron entre 6,41 y 8,13, el análisis estadístico indica que existe diferencia significativa entre las pizzas si gluten y su control. Condori Roque, (2019) reporta un pH alrededor de 6%, lo que se encontraría dentro de la normativa INEN 1979 (2012), considerando que las regulaciones sanitarias mencionan que el pan común no debe exceder el 6%, lo que es un indicativo de un buen estado de conservación del producto. Las muestras de masas de pizza con harina de cultivos andinos cumplen con este requerimiento, los valores superiores de pH se deberían, presumiblemente, a la falta de un componente ácido conservante, como por ejemplo

ácido cítrico, el cual se adiciona como conservante antioxidante y regulador de pH en los alimentos (Badui Dergal, 2016).

4.2.3 Color

Los resultados de los parámetros de color (L^* , a^* , b^* , C^*) se presentan en la Tabla 3. Los valores evidencian diferencia significativa ($p < 0,05$) entre formulaciones.

Los valores de luminosidad L^* se encuentran en un rango de 51,987 – 53,084 lo que indica que las masas realizadas con harinas de tubérculos andinos poseen coloraciones oscuras-medias, dirigidas ligeramente hacia los blancos, probablemente porque inicialmente las harinas del tubérculo achira presentó colores marrones naturales. La harina de achira además posee ciertas enzimas como la polifenol-oxidasa que contribuye al pardeamiento enzimático (Lalaleo Córdova, 2017), lo que a su vez podría ser la causa de la baja luminosidad. Los valores de a y b muestran también un desplazamiento leve hacia la zona de los tonos naranjas, probablemente atribuidos a las reacciones de Maillard y caramelización (Badui Dergal, 2016). En cambio, para los controles con harina de trigo los valores de IB muestran un acercamiento más hacia los blancos, (67,66 – 72,37) debido posiblemente a la harina de trigo, la que presenta este color característico. Los resultados de cromaticidad (C^*) de las muestras oscilan entre 24,75 y 28,08, acercándose hacia la zona de los amarillos. Las tonalidades son comunes de un pan de trigo tipo pizza comercial.

Tabla 4. Parámetros de color

MASA	L^*	a^*	b^*	C^*	H	IB
F1	51,99±0,84 ^a	6,81±0,01 ^c	26,48±0,66 ^c	27,34±0,63 ^c	75,57±0,32 ^a	44,75±0,33 ^a
F2	53,08±0,25 ^b	7,16±0,11 ^d	26,14±0,23 ^b	27,10±0,23 ^b	75,57±0,32 ^a	45,82±0,34 ^b
C1	72,37±0,35 ^d	2,32±0,23 ^a	24,64±0,19 ^a	24,75±0,19 ^a	84,62±0,53 ^c	62,90±0,17 ^d
C2	67,66±0,83 ^c	3,40±0,19 ^b	27,87±0,16 ^d	28,08±0,14 ^d	83,04±0,44 ^b	57,17±0,04 ^c

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

4.3 Propiedades tecno-funcionales

4.3.1 Tensión – compresión

Las propiedades mecánicas proporcionan información de la durabilidad y de la capacidad de mantener la integridad mecánica de los alimentos (Moncayo-Martínez, 2016). Los parámetros de tensión ayudan a corroborar lo que el perfil de textura indicó, es decir que, la materia grasa utilizada en cada formulación incide directamente en la textura y tensión del producto final. Respecto al pico de carga, que hace referencia al esfuerzo de tensión necesario para deformar y romper la masa, se podría adjudicar a la adición de goma, que le da resistencia a un estiramiento y compresión. Estos resultados permiten predecir que durante el almacenamiento serán capaces de resistir la cadena de procesamiento para producción y vida en anaquel.

En los alimentos viscoelásticos (pan, pizza), es frecuente que solo ocurra una recuperación parcial de su estructura cuando se somete a determinadas deformaciones, ya que la red tridimensional elástica se desintegra bajo el efecto de la tensión o compresión (Hombre Morgado, 2007).

Tabla 5. Parámetros de tensión

Código	Pico Carga	Deformación	Trabajo	Carga Final
	(N)	Pico Fuerza	(J)	(N)
		(mm)		
F1	9,41±1,53 ^a	1,49±0,53 ^a	0,03±0,06 ^a	2,95±3,52 ^a
F2	8,03±4,31 ^a	1,66±0,17 ^a	0,02±0,02 ^a	3,35±1,56 ^a
C1	12,60±2,15 ^a	1,11±0,59 ^a	0,05±0,00 ^a	3,32±1,57 ^a
C2	7,35±0,82 ^a	2,16±0,41 ^a	0,02±0,00 ^a	1,72±0,53 ^a

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.



Figura 6. Tensión

4.3.2 Textura

En la tabla 6 se presenta el análisis de perfil de textura realizado a las masas de las diferentes formulaciones. La dureza se ve diferenciada entre formulaciones, observándose que C2 presenta mayor valor con 19,2N respecto a F2 que presenta 15,56N; esto presumiblemente se atribuye a la naturaleza de las harinas de trigo, que crea una costra, lo que le da una crocancia adicional. Generalmente, cuanto menor sea el contenido de humedad, mayores serán los valores de dureza de los panes libres de gluten. La miga de pan a base de almidón se endurece mucho más rápido porque no existen interacciones adecuadas entre proteínas y agua (Ziobro, 2016). Por lo tanto, es importante el papel de las proteínas en la masa sin gluten, por sus buenas propiedades de hinchamiento y emulsión, ayudando a la capacidad de retención del agua y estabilizando el gel que se forma por la gelatinización del almidón, logrando disminuir la dureza, respecto al control.

Así mismo, la adición de goma xantan parece influir en el aumento de la cohesividad, que a su vez inhibe la sinéresis del producto y extiende la vida de anaquel de los productos (Ozkoc, 2015). En la Tabla N.6 se observa que las masas libres de gluten presentan valores inferiores. Cuanto más completa y resistente sea esta red, más acusada será la elasticidad y cuanto más fácilmente se desintegre la red, mayor será el componente viscoso (Hombre Morgado, 2007). En las masas de trigo, la cohesión es un parámetro de la calidad del pan fresco, ya que las masas más cohesivas dan lugar a panes más blandos (Salinas, 2013).

En cuanto a la masticabilidad, los valores tanto de F1 y F2 muestran valores inferiores respecto a los controles con tan solo 0,01J, por lo que se podría presumir que no existe diferencia en la fuerza

que se requiere para morder el producto. Respecto a los parámetros mecánicos de trabajo total, trabajo de dureza terminado y firmeza, los valores incrementaron durante el tiempo de almacenamiento. La dureza y la masticabilidad no se vieron influenciadas por el almacenamiento.



Figura 7. Perfil de textura

Tabla 6. Perfil de textura

Código	Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Firmeza	Masticabilidad
	N	-	mm	N	J
F1	16,32±6,45 ^b	0,43±0,16 ^b	1,45±0,15 ^b	8,06±4,84 ^d	0,01±0,01 ^a
F2	15,56±1,34 ^b	0,47±0,13 ^b	1,62±0,16 ^b	7,93±3,28 ^c	0,02±0,36 ^b
C1	18,05±5,51 ^b	0,60±0,01 ^a	2,28±0,06 ^a	11,12±1,37 ^a	0,03±0,00 ^a
C2	19,20±0,24 ^a	0,59±0,11 ^b	2,09±0,13 ^a	10,65±0,39 ^b	0,03±0,00 ^a

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

4.3.3 Volumen específico

El volumen es un indicador, al igual que el peso, y es muy importante en los productos de panadería (Zanella et al., 2005). Para su evaluación se utilizaron moldes rectangulares uniformes para obtener el volumen en cm^3 y su peso en gramos.

Tabla 7. Volumen específico

Muestra	Volumen específico (cm^3/g)
F1	$3,39 \pm 0,82^a$
F2	$3,93 \pm 1,24^a$
C1	$5,00 \pm 0,62^c$
C2	$4,64 \pm 0,62^b$

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

La expansión es causada en su mayoría por la producción de gas, y por la evaporación del agua y del bióxido de carbono que está disuelto en la masa (Silva Ramos, 2017). Los valores inferiores de volumen específico en F1 y F2, respecto a los controles, pueden atribuirse a la presencia de una menor cantidad de azúcares fermentables a disposición de las levaduras; lo que a su vez produce menos producción de gas, el responsable de la elevación del producto final. La adición de gomas a su vez ayudó con la elevación y volumen de la masa, ya que estabilizan la interfase gas-líquido presente en los alveolos de la masa de forma, la que incrementa la capacidad de retención de gas y que consecuentemente incrementa el volumen de la masa (Riera, 2004). Los valores de F1 y F2 se asemejan a lo reportado por Aimaretti (2004), es decir alrededor de $3\text{cm}^3/\text{g}$ en masas con sustitución parcial de harina de trigo.

Los controles presentaron una mayor elevación, probablemente atribuido a las características propias de la harina de trigo de panificación, que tiene la propiedad única que al amasarse en

presencia de agua escapaz de retener gas (Riera, 2004), lo que se traduce en una mayor elevación después del horneado.



Figura 8 Volumen Específico

4.3.4 Pérdida de peso

La pérdida de peso en las muestras de masa de pizza a base de harinas de cultivos andinos se observan en la Tabla 7, junto con su control de harina de trigo. El análisis estadístico permitió establecer diferencia significativa ($p < 0,05$). Los valores reportados en F1 y F2 fueron superiores (32.28 %) en comparación a los controles, esto se puede aludir a las características de la harina de trigo que tiene una absorción de agua de aproximadamente 60 a 61%. La distribución del agua en la masa es tal que generalmente un 31% interactúa con las proteínas (gliadinas y gluteninas), el 46% con el almidón y un 23% se liga con las pentosanas (clasificación fue desarrollada por Osborne, 2009). Lalaleo Córdova (2017) menciona que las proteínas y los carbohidratos impiden la difusión del agua en los gránulos de almidón, debido a que las cadenas laterales polares establecen un fuerte enlace de hidrógeno formando una red que limita el hinchazón del almidón, lo que a su vez limitaría la retención del agua en el horneado.

Asimismo, los gránulos de almidón no dañado presente en las harinas de tubérculos, pueden embeber agua de manera reversible; es decir, pueden hincharse ligeramente con el agua y volver al tamaño original al secarse (Fennema, 1992).

Tabla 8. Pérdida de peso

Muestra	% de pérdida de peso
F1	30.91±0,00 ^c
F2	32.28±0,00 ^d
C1	28.08±0,00 ^a
C2	27.65±0,00 ^b

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

4.3.5 Capacidad de absorción de agua después de la cocción

Los resultados de capacidad de retención de agua de las diferentes masas (Tabla 8) presentaron valores superiores para F1 - 16,35%, respecto a su control 12,33%, posiblemente por la presencia de fibra que aporta la harina de chocho, la cual fue colocada en el exterior de la masa para aportar crocancia a la costra, lo que a su vez favorece a la absorción del agua posterior al armado de una pizza típica o napolitana. Conforme a lo que Bernabé Meza (2017) menciona, que la fibra también favorece a la absorción del agua durante la cocción.

Según Fennema (1992), las propiedades funcionales en condiciones normales de procesamiento de alimentos (calor y humedad) pueden aumentar, ya que los gránulos de almidón se hinchan rápidamente más allá de su punto de reversibilidad, además que permiten que las moléculas de agua penetren y rompan los enlaces entre las mismas, estableciendo una capa de hidratación; esto justificaría la ganancia de peso luego de añadir a las masas: pasta de tomate y queso.

Tabla 9. Capacidad de absorción de agua

MUESTRA	GANANCIA DE PESO (%)
F1	16.34±3,55 ^d
F2	14.76±0,49 ^c
C1	12.33±1,003 ^a
C2	14.22±1,54 ^b

F1: Formulación 1, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con aceite F2: Formulación 2, harina de achira, oca, zanahoria blanca, mashua, papa china, plátano de rechazo y residuos agroindustriales, con margarina C1: Control 1, harina de trigo, con aceite C2: Control 2, harina de trigo con margarina. Las diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras.

4.3.6 Integridad de la masa precocida

Cabe recalcar que la absorción de agua del producto final incide directamente en la percepción de calidad del mismo, ya que al someter a las masas libres de gluten al tratamiento para el que es destinado -una receta de pizza-, si no mantienen su estructura o integridad, se podría percibir como un producto de baja aceptabilidad si es sometido a un análisis integral.

Por lo que, tanto la F1 y la F2 fueron sometidas a una receta tradicional de pizza napolitana y una básica con jamón figura 9, este ensayo permite demostrar finalmente que el producto posee las características suficientes para ofrecer una experiencia satisfactoria al consumidor final. Es decir, las masas no quedaron excesivamente húmedas luego de la preparación, manteniendo su integridad física, como se muestra en la Tabla 8, donde se observa un aproximado de 10% de ganancia de peso al retirar todos ingredientes y volver a pesar la masa cocida.



Figura 9. Mini pizza libre de gluten

4.5 Verificación de la hipótesis nula

Con base en los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis alternativa, en la cual se afirma que es posible la sustitución total del trigo en la elaboración de masa de pizza.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

La pizza es un alimento consumido por gran parte de la población y puede representar una adecuada fuente de compuestos saludables y nutricionales en la dieta. Los ingredientes utilizados en la producción de masa de pizza elaborada a partir harinas de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales (banano de rechazo) mejoraron la calidad nutricional respecto a la de una pizza tradicional, debido al aumento en el contenido de fibra dietética y, en particular, a la no presencia de gluten. Este estudio demuestra que la sustitución de la harina de trigo puede realizarse sin afectar negativamente a la calidad y atributos tecnológicos del producto.

El porcentaje de fibra se muestra superior al control, debido a la presencia de estructuras fibrosas (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas entre otras.) en gran cantidad presentes en la cáscara de los tubérculos con los que se realizaron las harinas.

La acidez de las masas de pizza a base de harinas de cultivos andinos mostró valores superiores al control con trigo, atribuibles al contenido de ácido ascórbico y ácido oxálico de harinas como la de la mashua. Por otra parte, en el ensayo de pH se observa valores elevados, posiblemente atribuidos a la presencia de ácidos tales como ácido ascórbico, oxálicos, málicos, succínicos y fórmicos.

Según la escala CIEL*a*b* las muestras son opacas, ubicándose en la zona de los naranjas debido al efecto de las reacciones de Maillard y caramelización producidas por la presencia de azúcares reductores y aminoácidos que ocurren en el proceso de cocción.

La mayor capacidad de retención de agua se observó en el aumento del peso después de la cocción en las muestras de masa de pizza con harina de cultivos andinos, posiblemente por la gran capacidad de absorción de agua de las muestras de harina de chocho y papa china, principales ingredientes de la masa de pizza, debido al contenido elevado de carbohidratos, fibra dietética, interacciones agua-proteína y naturaleza higroscópica de las harinas (contenido de almidón y proteína).

El perfil de textura permite establecer que es posible elaborar un producto de pizza sin gluten con similares atributos al control. A pesar de que las matrices sin gluten son estructuralmente diferentes de la masa con gluten, el análisis de textura puede dar una idea de su funcionalidad adicional.

La goma xantan permitió desarrollar masas de pizza libres de gluten con influencia directa sobre las características fisicoquímica y tecnofuncionales. Asimismo, en el producto terminado, la dureza, masticabilidad, firmeza y elasticidad mostraron resultados favorables para un producto que carece de gluten, responsable directo de las propiedades estructurales.

5.2 Recomendaciones

- Las harinas deben ser tamizadas, ya que este proceso permite mejorar la absorción de agua durante el amasado; esto porque afecta directamente a la dureza resultante de la masa de pizza después del proceso de horneado.
- Es posible estudiar el uso de una masa madre inicial para la masa de pizza, evaluando a su vez el rendimiento de las levaduras en las masas a base de cultivos andinos.
- Se recomienda el uso de levadura activa para la elaboración de la masa, ya que aporta mejores características en volumen y apariencia de las masas de pizza.
- Se podría estudiar la incidencia del aditivo proteico en la formación de la masa respecto a la humedad final del producto sin desmejorar la textura de las mismas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Galvez, A., Pedreschi, R., Carpentier, S., Chirinos, R., García-Ríos, D., & Campos, D. (2020). Proteomic analysis of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) tubers subjected to postharvest treatments. *Food chemistry*, 305, 125485.
- Aimaretti, N., Llopart, E., Codevilla, A., Baudino, C., & Clementz, A. (2011). Desarrollo de una pre-mezcla para pizza a base de harina de grano entero de sorgo y mijo. *Invenio*, 14(26), 133-140.
- Official methods of analysis of AOAC International, (2005).
- Arendt, E., O'Brien, C., & Gormley, T. R. (2002). Development of Gluten-Free Cereal Products.
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos*: México, Pearson Educación.
- Barrera, V. H. (2003). *Raíces y tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador* (Vol. 4): International Potato Center.
- Barrera, V. H., Espinosa, A., Tapia, B., Monteros, Á., & Valverde, F. (2004). Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador.
- Blasco López, G., & Montaña, F. J. G. (2015). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 14(2), 22-26.
- 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.
- Bonilla, H. R., Gómez, O. T., & Dávila, K. D. (2015). Hidrólisis enzimática de residuos agroindustriales del banano para la obtención de jarabe glucosado aplicando tres pretratamientos. *Industrial Data*, 18(1), 101-107.
- Caicedo, V., Murillo, I., Pinzón, Z., Peralta, I., & Rivera, M. (2010). INIAP-450 Andino: Variedad de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Catassi, C., Kryszak, D., Louis-Jacques, O., Duerksen, D. R., Hill, I., Crowe, S. E., . . . Hartley, P. (2007). Detection of celiac disease in primary care: a multicenter case-finding study in North America. *The American journal of gastroenterology*, 102(7), 1454.
- Condori Roque, J. L. (2019). Evaluación de la influencia de dos métodos directos en la elaboración de pre-pizza con sustitución parcial de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) variedad Blanca de Juli.

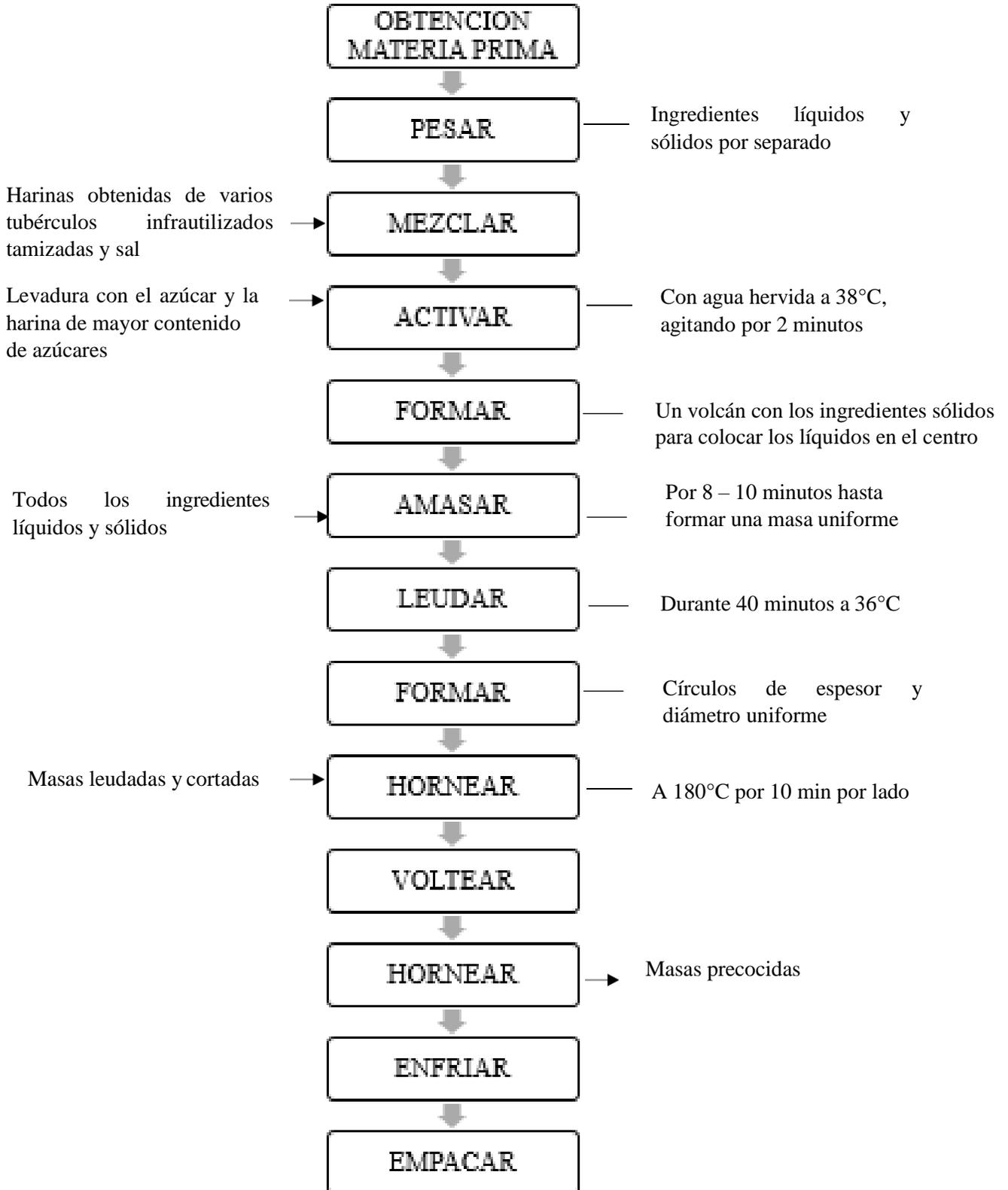
- Dacey, M., & O'connor, C. (2016). Ready-To-Bake Gluten-Free Pizza Dough Formulations. In: Google Patents.
- De la Horra, A., Seghezze, M., Molfese, E., Ribotta, P., & León, A. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2).
- Díaz Jiménez, J. D. (2016). Desarrollo de una masa para pizza enriquecida con fibra, proveniente del salvado de arroz generado como subproducto durante el procesamiento del grano de arroz entero.
- Duhart, F., Meinhardt Haid, O., & Tellström, R. (2006). Sobre la pizza. Identificación y apropiación alimenticias en el mundo contemporáneo.
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito Grandes, B. (2004). Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos.
- Fennema, O. R. (1992). *Química de los alimentos*: Zaragoza, ES: Acribia.
- Gandikota, S., & MacRitchie, F. (2005). Expansion capacity of doughs: methodology and applications. *Journal of Cereal Science*, 42(2), 157-163.
- González Merino, S. (2016). *Diseño de un producto para celíacos con ingredientes de alto valor nutricional*.
- Guinand Guzmán, C. (2013). Formulación de una masa para pizza libre de gluten utilizando harinas alternativas.
- Huang, W., Kim, Y., Li, X., & Rayas-Duarte, P. (2008). Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 639-646.
- INEN, N. 2945.(2014). *Pan. Requisitos. Recuperado desde http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_2945.pdf*.
- INEN, N. (2016). 0523.(1981). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa. Norma Técnica Ecuatoriana. Instituto Ecuatoriana de Normalización INEN. Quito-Ecuador*.
- Kehr, E., & Bórquez, C. (2010). La zanahoria como una hortaliza apta para procesamiento agroindustrial. *Inia Tierra Adentro. Especial producto para la agroindustria.*, 17, 19.
- Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (2004). Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson. 6ª Re-impresión. *México: Continental*.

- Lalaleo Córdova, D. J. (2017). *Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir de harina y residuos de banano de rechazo*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...,
- López, A. I. C., Mujica, A. K. A., Manzano, S. O. E., & Vera, N. G. (2015). Elaboración de una pizza precocida de pepperoni libre de gluten ready to eat. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 4(7).
- Marino, M. P., & Crocco, M. S. (2015). Pizza: Teaching US History through food and place. *The Social Studies*, 106(4), 149-158.
- Mazón, N., Castillo, T., Hermann, M., & Espinosa, A. (1996). La Arracacha ó zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en Ecuador.
- Ocaña Palacios, I. A. (2019). *Caracterización fisicoquímica, nutricional y reológica de cultivos andinos infrautilizados*. (Ingeniero en Alimentos), Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.
- Peralta, I. (2016). El chocho en Ecuador “estado del arte”.
- Pino, M. T., Saavedra, J., Álvarez, F., Gutiérrez, R., Hernández, C., & Zamora, O. (2017). Camote: materia prima para colorantes.
- Prandoni, A., & Gianotti, S. (2013). *Locos por... el pan*: Parkstone International.
- Ramírez-Rivera, J., Juárez-Barrientos, J. M., Herrera-Torres, E., Navarro-Cortez, R. O., & Hernández-Santos, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (Colocasia esculenta) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 15(43), 37-47.
- Rosenthal, A. J. (2001). *Textura de los Alimentos*: Acribia.
- Sciarini, L. S., & Perez, G. T. (2013). Cómo elaborar panes libre de gluten: un desafío tecnológico.
- Sciarini, L. S., Steffolani, M. E., & Leon, A. E. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan.
- Verheyen, C., Albrecht, A., Elgeti, D., Jekle, M., & Becker, T. (2015). Impact of gas formation kinetics on dough development and bread quality. *Food Research International*, 76, 860-866.
- Villacrés, E., Quelal, M. B., & Álvarez, J. (2013). Nutrición, procesamiento y gastronomía de raíces y tubérculos andinos en Ecuador: Una revisión bibliográfica de papa, melloco, oca, mashua, zanahoria blanca y jícama.

- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho. *INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad*.
- Walker, G. M., & Walker, R. S. (2018). Enhancing yeast alcoholic fermentations. In *Advances in applied microbiology* (Vol. 105, pp. 87-129): Elsevier.
- Wang, Y., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2012). Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 175-182.
- Zanella, V. M. D. M., Mendoza, C. E. M., Aguilar, E. A. C., & Justo, M. B. (2005). Efecto del uso de Masas Congeladas sobre las Características y Textura en Pan Blanco. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 13, 456.

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de flujo: Preparación de las masas



Anexo 2: Balance de material

Tabla 10 Determinación de Entradas y Salidas para balance de materia

ENTRADA	SALIDA
A: Fracción farinácea	I: Desperdicios
B: Agua	J: Agua
C: Huevo	K: Masas de pizza
D: Materia grasa	
E: Levadura	
F: Azúcar	
G: Goma	
H: Sal	

Ecuación Balance General de Materia

$$A+B+C+D+E+F+G+H=I+J+K$$

(Ec. 10)

$$K=A+B+C+D+E+F+G+H-I-J$$

Dónde:

$$\begin{array}{cccccc} A=100g & B=40g & C=50g & D=30g & E=1,02g & F=0,06g \\ G=0,3g & H=0,4g & I=5g & J=45g & K= x & \end{array}$$

Entonces:

$$K=100+40+50+30+1,02+0,06+0,3+0,4-5-45$$

$$\mathbf{K=171,48g \text{ masa de pizza cocida}}$$