



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**Propiedades proximales y térmicas de pasta tipo «Spätzle» elaborada con la inclusión de frijol lupino**

**ZAMORA APOLO ERICKA NICOLE  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**Propiedades proximales y térmicas de pasta tipo «Spätzle»  
elaborada con la inclusión de frijol lupino**

**ZAMORA APOLO ERICKA NICOLE  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Propiedades proximales y térmicas de pasta tipo «Spätzle»  
elaborada con la inclusión de frijol lupino**

**ZAMORA APOLO ERICKA NICOLE  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**CUENCA MAYORGA FABIAN PATRICIO**

**MACHALA  
2024**

# Propiedades proximales y térmica de pasta tipo “Spatzle” elaborada con la inclusión de frijol lupino

*por* Ericka Nicole Zamora Apolo

---

**Fecha de entrega:** 10-ago-2024 09:06a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2429960840

**Nombre del archivo:** tipo\_Spatzle\_elaborada\_con\_la\_inclusi\_n\_de\_frijol\_lupino\_2.docx (1.31M)

**Total de palabras:** 12881

**Total de caracteres:** 70421

# Propiedades proximales y térmica de pasta tipo "Spatzle" elaborada con la inclusión de frijol lupino

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

2

[dspace.umh.es](http://dspace.umh.es)

Fuente de Internet

<1%

3

[de.slideshare.net](http://de.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

4

[www.nutriguia.com](http://www.nutriguia.com)

Fuente de Internet

<1%

5

[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

<1%

6

Submitted to Universidad Nacional de San  
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1%

7

Submitted to Universidad San Ignacio de  
Loyola

Trabajo del estudiante

<1%

8

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

|    |   |      |
|----|---|------|
| 9  | <a href="http://moam.info">moam.info</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 10 | <a href="http://listas.20minutos.es">listas.20minutos.es</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 11 | <a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 12 | <a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 13 | <a href="http://sriagral.uabc.mx">sriagral.uabc.mx</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 14 | <a href="http://tienda.vetpunta.com">tienda.vetpunta.com</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 15 | Submitted to Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 16 | <a href="http://200.13.202.26/proyectos/pdf/201865054inf.pdf">http://200.13.202.26/proyectos/pdf/201865054inf.pdf</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | <a href="http://www.esdegrepositorio.edu.co">www.esdegrepositorio.edu.co</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 18 | <a href="http://www.sagpya.mecon.gov.ar">www.sagpya.mecon.gov.ar</a><br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 19 | B. Klamczynska, Z. Czuchajowska, B. K. Baik.<br>"Smooth Peas, Wrinkled Peas and Garbanzo Beans in Production of Sweetened Paste",           | <1 % |

# Food Science and Technology International, 2016

Publicación

---

|    |  |      |
|----|--|------|
| 20 | <a href="http://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 21 | Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS<br>Trabajo del estudiante                                      | <1 % |
| 22 | Submitted to Universidad Católica de Santa María<br>Trabajo del estudiante                       | <1 % |
| 23 | <a href="http://www.rte.espol.edu.ec">www.rte.espol.edu.ec</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 24 | Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE<br>Trabajo del estudiante                       | <1 % |
| 25 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo<br>Trabajo del estudiante                                 | <1 % |
| 26 | <a href="http://c.coek.info">c.coek.info</a><br>Fuente de Internet                               | <1 % |
| 27 | <a href="http://doczz.es">doczz.es</a><br>Fuente de Internet                                     | <1 % |
| 28 | <a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 29 | <a href="http://forum.newzimbabwe.com">forum.newzimbabwe.com</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |

---

|    |  |      |
|----|--|------|
| 30 | <a href="http://sdgs.scout.org">sdgs.scout.org</a><br>Fuente de Internet                               | <1 % |
| 31 | <a href="http://te.innatia.com">te.innatia.com</a><br>Fuente de Internet                               | <1 % |
| 32 | <a href="http://www.ehowenespanol.com">www.ehowenespanol.com</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 33 | <a href="http://dspace.ucacue.edu.ec">dspace.ucacue.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                   | <1 % |
| 34 | <a href="http://elcomercio.pe">elcomercio.pe</a><br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 35 | <a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 36 | <a href="http://www.dc.uba.ar">www.dc.uba.ar</a><br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 37 | <a href="http://www.premio.terniumsiderar.com">www.premio.terniumsiderar.com</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 38 | <a href="http://blogs.anderson.ucla.edu">blogs.anderson.ucla.edu</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 39 | <a href="http://cncg.ordemengenheiros.pt">cncg.ordemengenheiros.pt</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |
| 40 | <a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a><br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 41 | <a href="http://tesis.ipn.mx">tesis.ipn.mx</a><br>Fuente de Internet                                   | <1 % |



42

[www.bancomundial.org.mx](http://www.bancomundial.org.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

43

[www.ceja.educagri.fr](http://www.ceja.educagri.fr)

Fuente de Internet

&lt;1 %

44

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

45

[www.theinsightpartners.com](http://www.theinsightpartners.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

46

[www.welcomeargentina.com](http://www.welcomeargentina.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

47

Mwewa Chikonkolo Mwape, Aditya Parmar, Franz Roman, Yaovi Ouézou Azouma, Naushad M. Emmambux, Oliver Hensel. "Determination and Modeling of Proximate and Thermal Properties of De-Watered Cassava Mash (*Manihot esculenta* Crantz) and Gari (Gelatinized cassava mash) Traditionally Processed (In Situ) in Togo", *Energies*, 2023

Publicación

&lt;1 %

48

[dspace.ueb.edu.ec](http://dspace.ueb.edu.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

49

[qdoc.tips](http://qdoc.tips)

Fuente de Internet

&lt;1 %

50

[repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

|    |  |      |
|----|--|------|
| 51 | <a href="http://revistas.uva.es">revistas.uva.es</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 52 | <a href="http://saber.ucv.ve">saber.ucv.ve</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 53 | <a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 54 | <a href="http://www.jourlib.org">www.jourlib.org</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 55 | <a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a><br>Fuente de Internet                   | <1 % |
| 56 | <a href="http://www.worldfirstclass.net">www.worldfirstclass.net</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 57 | <a href="http://es.unionpedia.org">es.unionpedia.org</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

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


La que suscribe, ZAMORA APOLO ERICKA NICOLE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado *Propiedades proximales y térmicas de pasta tipo «Spätzle» elaborada con la inclusión de frijol lupino*, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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



ZAMORA APOLO ERICKA NICOLE

0750914160

## **DEDICATORIA**

Este logro va dedicado a Dios, en quien creo firmemente, quien me brindó salud y fuerza para culminar este proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi padre Eric Zamora Sabando que me enseñó a no rendirme con su esfuerzo, a mi madre Patty Apolo Valarezo por su amor y paciencia inagotable, a mis hermanos David, Becker, Isaac y Misael Zamora Apolo, a quienes amo profundamente y me han acompañado en este proceso.

A mis amigos, los que he conocido en el transcurso de la carrera y quienes han hecho que este camino sea más acompañado y divertido.

A mi tutor de trabajo de titulación Ing. Fabián Cuenca Mayorga, por su asesoramiento a todas las dudas que surgieron en el transcurso de este trabajo.

## Resumen

Este trabajo de investigación aborda la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol lupino para la producción de una pasta tipo «Spätzle». Se evaluamos las propiedades térmicas, sensoriales y nutricionales de las formulaciones resultantes. La incorporación de harina de frijol lupino aumentó significativamente el contenido proteico de la pasta, alcanzando un 24,7% en comparación con la pasta convencional de trigo. Las propiedades térmicas determinadas, como la conductividad térmica de  $1,6 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ , la densidad de  $136,56 \text{ kg}/\text{m}^3$  y la capacidad calorífica específica de  $1236,07 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$  fueron adecuadas para asegurar una cocción uniforme y eficiente. En la evaluación sensorial, la formulación con un 42,5% de harina de frijol lupino (F5) obtuvo la mayor aceptación global con una calificación media de 3,5. El análisis de costo-beneficio demostró que la producción de esta pasta es económicamente viable, con un Valor Actual Neto (VAN) de \$2500 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 18%. Estos resultados indican que la pasta tipo «Spätzle» con inclusión de frijol lupino es una alternativa saludable y económicamente rentable.

**Palabras clave:** Harina de frijol lupino, Pasta tipo «Spätzle», Propiedades térmicas, Evaluación sensorial, Análisis de costo-beneficio

## **Abstract**

This research investigates the partial substitution of wheat flour with lupin bean flour in the production of “Spätzle” pasta. The study evaluated the thermal, sensory, and nutritional properties of the resulting formulations. The inclusion of lupin bean flour significantly increased the protein content of the pasta, reaching 24.7% compared to conventional wheat pasta. The determined thermal properties, such as thermal conductivity of  $1.6 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ , density of  $136.56 \text{ kg}/\text{m}^3$ , and specific heat capacity of  $1236.07 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ , were adequate to ensure uniform and efficient cooking. In the sensory evaluation, the formulation with 42.5% lupin bean flour (F5) achieved the highest overall acceptance with a mean rating of 3.5. The cost-benefit analysis showed that the production of this pasta is economically viable, with a Net Present Value (NPV) of \$2500 and an Internal Rate of Return (IRR) of 18%. These results indicate that “Spätzle” pasta with lupin bean flour is a healthy and economically viable alternative.

**Keywords:** Lupin bean flour, “Spätzle” pasta, Thermal properties, Sensory evaluation, Cost-benefit analysis

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Resumen.....  | 1  |
| Abstract.....   | 3  |
| CAPÍTULO I.....   | 1  |
| INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| Definición del Problema.....  | 2  |
| Objetivo general:.....  | 3  |
| Objetivos específicos:.....   | 3  |
| MARCO TEÓRICO.....  | 3  |
| 1.1 Generalidades.....  | 3  |
| 1.1.1 Frijol lupino.....  | 3  |
| CAPÍTULO II.....  | 17 |
| 2.1. METODOLOGÍA.....   | 17 |
| 2.1.1 Localización de la investigación.....   | 17 |
| 2.1.2 Tipo de investigación.....  | 18 |
| 2.1.3 Materia prima.....  | 18 |
| 2.1.4 Preparación de la materia prima.....  | 18 |
| 2.1.5 Obtención de la harina de frijol lupino.....  | 18 |
| 2.1.6 Formulación de la pasta tipo «Spätzle».....   | 19 |
| 2.1.6.1 Diseño de mezclas.....  | 19 |
| 2.1.6.2 Descripción del diagrama de flujo para la elaboración de la pasta tipo «Spätzle»..... | 20 |
| 2.1.6.3 Evaluación de propiedades térmicas.....   | 21 |
| 2.1.6.4 Evaluación de costos.....   | 22 |
| 2.1.7 Evaluación de la aceptación sensorial.....  | 22 |
| 2.1.8 Análisis de la composición proximal de la pasta tipo «Spätzle».....                     | 23 |
| 2.1.9 Análisis de costo beneficio.....  | 25 |
| CAPÍTULO III.....   | 26 |
| 3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 26 |
| 3.1.1 Propiedades térmicas.....   | 26 |
| 3.1.3 Composición proximal.....   | 35 |
| 3.1.4 Evaluación de costos.....   | 37 |
| Conclusiones.....   | 39 |
| Recomendaciones.....  | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Bibliografía .....  | 41 |
| ANEXOS .....  | 51 |
| Anexo 1 Secado del chocho ya desamargado .....  | 51 |
| Anexo 2 Grano triturado .....   | 51 |
| Anexo 3 Harina de chocho .....  | 51 |
| Anexo 3 Secado de la pasta tipo “Spatzle” .....   | 52 |
| Anexo Las 5 formulaciones de la pasta tipo “Spatzle” para la evaluación sensorial ..... | 52 |
| Anexo 6 La muestra con el solvente .....  | 53 |
| Anexo 7 Muestra de aceite de la pasta tipo “Spatzle” .....                              | 53 |
| Anexo 8 Determinación de humedad de la muestra en la termobalanza .....                 | 53 |
| Anexo 9 Media de la evaluación sensorial .....  | 54 |



## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Composición Nutricional del Trigo .....  | 6  |
| Tabla 2 Formulación De La Pasta Tipo “Spatzle” Para 565 Gramos .....   | 19 |
| Tabla 3 Interpretación De Abreviaturas De Los Tratamientos .....   | 20 |
| Tabla 4 Ecuaciones De Densidad Y Propiedades Térmicas De Los Componentes De Los Alimentos De Choi Y Okos. .... | 21 |
| Tabla 5 Propiedades Térmicas De La Pasta Tipo “Spatzle” En Función A Su Temperatura..                          | 27 |
| Tabla 6 Materia Prima De La Pasta .....  | 37 |
| Tabla 7Mano De Obra Para La Elaboración De La Pasta .....  | 37 |
| Tabla 8 Costo De Maquinarias Para Fabricar Una Pasta .....   | 37 |
| Tabla 9. Total, De Producción De 100 Unidades De 565 G De Pasta Tipo “Spatzle” .....                           | 34 |
| Tabla 10 Diseño De Bloques-Color .....   | 28 |
| Tabla 11 Diseño De Bloques-Uniformidad Del Tamaño Y Forma .....  | 29 |
| Tabla 12 Diseño De Bloques-Ternura .....   | 30 |
| Tabla 13 Diseño De Bloques-Elasticidad .....   | 30 |
| Tabla 14 Diseño de bloques-Sabor .....   | 31 |
| Tabla 15 Diseño de bloques-Intensidad Del Sabor. ....  | 31 |
| Tabla 16 Diseño De Bloques-Balance Del Sabor. ....   | 32 |
| Tabla 17 Diseño de bloque-Intensidad del aroma.....  | 33 |
| Tabla 18 Diseño de bloques-Atractivo del aroma.....  | 33 |
| Tabla 19 Diseño de bloques-Aceptación global. ....   | 34 |
| Tabla 20 Media (Desviación Estándar) Para La Composición Proximal De La Pasta Tipo “Spatzle” .....             | 35 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Ilustración de la Extracción Utilizando Ultrasonido como Asistente .....      | 15 |
| Figura 2 Evaporador Rotativo.....  | 16 |
| Figura 3 Diagrama De Flujo Del Proceso De Elaboración De La Pasta Tipo «Spätzle» ..... | 20 |

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Ante la falta de alternativas viables para el uso del trigo como ingrediente principal en la producción de pastas, es esencial investigar fuentes alimenticias alternativas que reduzcan la dependencia de las importaciones de este cereal. El frijol lupino, conocido también como *tarwi*, *altramuz* y *chocho*, con propiedades nutricionales destacadas. Su consumo es común en Ecuador y en toda la región andina, en donde suele cultivarse como monocultivo. Los agricultores de la zona destinan, como máximo, una hectárea de tierra por cosecha, destinando la mayor parte de la producción al autoconsumo. Para que sea adecuado su consumo humano, se deben eliminar los alcaloides, ya que pueden resultar nocivos y, además, provocan un sabor amargo característico (Ponce et al., 2018). Los alcaloides presentes en el frijol lupino se disuelven en agua debido a sus moléculas hidrofílicas, lo cual permite un proceso de desamargado y desintoxicación de las semillas mediante etapas sucesivas de hidratación, cocción y lavado (Ponce et al., 2018).

El frijol lupino es una excelente fuente de proteínas de buena calidad, el chocho en base seca su contenido proteico alcanza hasta un 51 %, y en forma general tiene un aproximado de 44.3 % de proteína, ácidos grasos esenciales como el linoleico en un 37 % y oleico con 40 % (Innova Business Consulting, s.f., 2020). Además, es rico en aminoácidos esenciales como la lisina, que es limitada en otras fuentes vegetales, convirtiéndolo en un complemento ideal para una dieta sin proteínas de origen animal (Suca et al., 2015).

Gracias a su habilidad para adaptarse a diversas condiciones climáticas y de suelo, el frijol lupino es un cultivo de interés económico y una alternativa importante para la diversificación agrícola, proporcionando ingresos adicionales a los agricultores. Su valor comercial se debe a su contenido nutricional y su uso como ingrediente en la industria de alimentos (Ríos, 2023).

El trigo es uno de los cereales que más se utiliza en la industria de las pastas, siendo esencial como materia prima. Un producto derivado de la molienda sistemática del trigo es la harina, la cual permite crear una masa resistente, viscoelástica y cohesiva. El aminoácido más abundante en el trigo es la glutamina y, junto con la prolamina y la glicina, conforman más del 50% de los aminoácidos residuales del gluten (Alomaliza, 2021). El gluten se forma cuando las proteínas glutenina y gliadina presentes en la harina de trigo se hidratan, encapsulando el almidón en la pasta durante su elaboración y cocción (Ponce et al., 2018).

Debido a las limitaciones existentes en cuanto al perfil tecnológico-nutritivo de las pastas elaboradas a base de trigo y con el fin de aprovechar mejor la producción local del frijol lupino, en la presente investigación se ha planteado la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frijol lupino en la elaboración de la pasta tipo «Spätzle», logrando de esta manera obtener un producto de alta calidad nutricional y económicamente rentable.

### **Definición del Problema**

Existe una falta de conocimiento sobre los beneficios nutricionales del frijol lupino y su potencial contribución a una dieta más saludable. Además, se desconoce la fórmula adecuada para elaborar una pasta tipo «Spätzle» utilizando una mezcla de harina de trigo y harina de frijol lupino, de manera que el producto resultante sea sensorial y nutricionalmente aceptable. La inclusión del frijol lupino en la elaboración de pasta representa una alternativa más saludable e innovadora dado su escaso uso industrial. Entre los beneficios de incorporar leguminosas en la pasta se encuentra el aumento en su valor nutricional, principalmente en el contenido de proteínas (Granito et al., 2009). Diversas fuentes bibliográficas señalan que el uso de un 10 % de frijol lupino en la elaboración de pasta incrementa el porcentaje de proteínas hasta un 76 % (Bonilla y Calderón, 2017).

## **Objetivo general:**

Desarrollar una pasta tipo «Spätzle» con inclusión de frijol lupino que combine las propiedades físicas, sensoriales y nutricionales deseadas en productos de este tipo, ofreciendo una alternativa saludable y económicamente viable a la pasta convencional de trigo.

## **Objetivos específicos:**

- Formular la pasta tipo «Spätzle» utilizando diseño de mezcla considerando variables de sustitución, propiedades térmicas y costos en comparación con una pasta convencional de trigo.
- Evaluar el impacto de la inclusión de frijol lupino en la formulación de la pasta tipo «Spätzle» mediante análisis sensorial para determinar la aceptabilidad.
- Analizar la composición proximal de la pasta tipo «Spätzle» con inclusión de frijol lupino para determinar su contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, humedad y cenizas y compararla con una pasta convencional de trigo.
- Realizar un análisis de costo-beneficio para evaluar la viabilidad económica de la producción de la pasta tipo «Spätzle» con inclusión de frijol lupino.

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Generalidades**

#### ***1.1.1 Frijol lupino***

El tarwi o chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa de porte erguido con tallos fuertes y en parte leñosos. Sus granos, contenidos en vainas, se asemejan a las arvejas. Este alimento, también conocido como chocho o chuchus muti, es rico en proteínas, grasas, hierro, calcio y fósforo (Guato, 2012). Por su perfil nutricional, este resulta beneficioso para niños en crecimiento, mujeres embarazadas o lactantes. El consumo de tarwi tiene una larga historia, valorado tanto por su sabor distintivo como por sus beneficios para la salud, ya que es una fuente rica en proteínas disponibles. Además, su fibra dietética se reconoce como un agente

terapéutico efectivo para personas con diabetes, arteriosclerosis, problemas coronarios y digestivos (Guato, 2012).

El género *Lupinus* abarca aproximadamente 267 especies que prosperan desde el nivel del mar hasta las alturas de los Andes. Según las estadísticas de la FAO, en 2019 se produjeron 16842 toneladas de lupinos a nivel global, una cifra inferior a la de otras legumbres como la soja y el garbanzo. La comercialización del lupino es escasa por la presencia de alcaloides, compuestos que son tóxicos y amargos. Estos alcaloides son solubles en agua, lo que permite su eliminación a través del tradicional proceso de desamargado. Este procedimiento implica remojar las semillas, cocinarlas y luego lavarlas durante unos cinco días, reduciendo así los niveles de alcaloides en un 99,7 %, hasta alcanzar niveles seguros para el consumo (Ramón, 2023).

Químicamente, los alcaloides del lupino son componentes nitrogenados no proteicos conformados por anillos heterocíclicos de quinolizidina, con la inclusión de dos moléculas de nitrógeno en su estructura básica y, en algunos casos, un grupo hidroxilo añadido. Estos alcaloides son considerados componentes antinutricionales importantes debido a su cantidad y efectos tóxicos, que pueden llegar a ser letales si se consumen en exceso (SANCA, 2015).

En los países europeos, las regulaciones sobre los niveles tóxicos son más estrictas que en Sudamérica. Según la normativa ecuatoriana INEN 2390:2004, el consumo de lupino está permitido con un nivel de alcaloides de hasta 0,07 % en base húmeda (BH) o aproximadamente 0,2 % en base seca (BS) (SANCA, 2015).

El lupino andino es una leguminosa con un valor nutricional alto, destacándose por su elevado contenido de proteínas, lípidos y compuestos biológicamente activos. Puede reemplazar notablemente a la soja en la nutrición humana y es utilizado en la elaboración de alimentos dietéticos y funcionales (Córdova, 2020). Contiene varios compuestos bioactivos importantes para la salud humana, incluyendo antioxidantes y fenoles como las isoflavonas y

flavonas. Estos compuestos tienen una alta capacidad antioxidante, cuya efectividad varía según la variedad y el genotipo del lupino. Los compuestos fenólicos son antioxidantes naturales que contribuyen a la prevención de enfermedades como la arteriosclerosis y cáncer, protegiendo así la salud al detener la oxidación de otras moléculas esenciales para el organismo humano (Córdova, 2020).

### 1.1.2 Trigo

El trigo es uno de los alimentos más utilizados en todo el mundo, presente en muchos productos alimenticios. A pesar de la gran demanda de productos alimenticios de alta calidad, el trigo sigue siendo fundamental y dominante en la rentabilidad de la producción de cereales (Roumia, 2023). Las mejoras en las técnicas de reproducción son indispensables para incrementar la producción. Sin embargo, los cultivos de alto rendimiento a menudo presentan bajos niveles de proteínas y minerales esenciales como hierro (Fe) y el cinc (Zn), así como otros nutraceuticos. Esta deficiencia nutricional hace que los cereales comunes sean menos adecuados para la producción de alimentos nutritivos (Roumia, 2023).

La harina blanca de trigo se obtiene mediante procesos de molturación y molienda. Después de limpiar y acondicionar el grano, se descascarilla para retirar la capa exterior (salvado), la cubierta de aleurona del núcleo central del grano (endospermo amiláceo) y el germen. Luego, el grano se somete a una molienda que reduce sus dimensiones (Achaquihui, 2020). Dependiendo del tamaño de las partículas resultantes, se obtienen diferentes tipos de harina, como sémola, harina gruesa, harina fina y mostacilla, cada una con características específicas para distintas aplicaciones, como la producción de pastas. El tamaño del grano de trigo cambia según la variedad, pero en promedio pesa alrededor de 35 mg y tiene una longitud de 8 mm, con una parte dorsal y lisa (Achaquihui, 2020).

El grano de trigo posee un elevado valor nutricional, desde su contenido de almidón hasta sus minerales. A continuación, en la tabla 1 se detalla la composición nutricional del trigo:

*Tabla 1 Composición Nutricional del Trigo*

| Nutrientes          | Por cada 100 g de porción comestible | Porción 150 g |
|---------------------|--------------------------------------|---------------|
| Energía             | 368                                  | 36,8          |
| Proteínas           | 9,3                                  | 0,93          |
| Lípidos totales     | 14                                   | 1,4           |
| Hidratos de carbono | 79,2                                 | 7,9           |
| Colesterol          | 0                                    | 0             |
| Fibra               | 3,4                                  | 0,34          |
| Calcio              | 15                                   | 1,5           |
| Hierro              | 1,1                                  | 0,11          |
| Yodo                | 1                                    | 0,1           |
| Agua                | 6,1                                  | 0,61          |
| Riboflavina         | 0,06                                 | 0,006         |
| Niacina             | 2,3                                  | 0,23          |
| Vitamina B12        | 0                                    | 0             |

Nota: Adaptado de Achaquihui, 2020.

El contenido nutricional del trigo lo convierte en un ingrediente esencial en la dieta humana, proporcionando energía, proteínas, fibra y una variedad de vitaminas y minerales (Padhy et al., 2024). No obstante, es importante considerar la calidad nutricional de los productos derivados del trigo y buscar formas de enriquecerlos para mejorar su valor alimenticio, especialmente en contextos donde la nutrición es una prioridad (Lădaru, et al.,



2021). El proceso de molido de productos alimenticios para la producción de harina ha existido en todos los continentes desde tiempos antiguos (de Sousa et al., 2021). En América, el maíz se utilizó para la elaboración de harina, que sirvió como base alimenticia de importantes imperios como el Azteca (Bowden, 2022). En Europa y Asia, el trigo ha sido fundamental para la producción de harina; estos continentes han desarrollado técnicas avanzadas para la molienda de trigo, que han evolucionado a lo largo de los siglos (Gilissen & Smulders, 2021). La fabricación de harina comenzó con procesos artesanales, donde se utilizaban molinos de mano y piedras de molino para triturar los granos (Ríos & Palmera, 2024). Con el tiempo, estos métodos se perfeccionaron, y las civilizaciones empezaron a construir molinos más complejos y eficientes (Fišteš, 2021). En Europa, en el transcurso de la Edad Media, los molinos de viento y de agua revolucionaron la producción de harina, permitiendo moler grandes cantidades de grano con menos esfuerzo humano (Angelakis et al., 2022). En Asia, particularmente en China e India, la molienda de trigo y arroz también experimentó importantes avances (Kumar et al., 2021). Los molinos impulsados por animales y más tarde por maquinaria, facilitaron la producción masiva de harina, contribuyendo a la alimentación de grandes poblaciones (Erenstein et al., 2022). El desarrollo de estos procesos artesanales de molienda permitió producir harina a un nivel superior, en cantidad y calidad (Cappelli, & Cini, 2021). La refinación de las técnicas de molienda llevó a la obtención de harinas más finas y uniformes, mejorando la textura y el sabor del producto final (Sarkar & Fu, 2022). Estos avances en la producción de harina fueron muy importantes para el desarrollo de la panadería y la pastelería, así como para otros alimentos básicos en diversas culturas (Cappelli & Cini, 2021). La industrialización en el siglo XIX llevó la producción de harina a nuevas alturas; con la invención de molinos de rodillos y la mecanización de los procesos de molienda, la producción de harina se hizo más eficiente y menos laboriosa (Prakash et al., 2024). Estos avances tecnológicos no solo aumentaron la capacidad de producción, sino que también permitieron la estandarización de la calidad de la harina, haciendo posible su distribución a gran escala

(Parenti et al., 2021). Hoy en día, la producción de harina es una industria a nivel mundial que sigue evolucionando. Las innovaciones continúan mejorando la eficacia y la sostenibilidad del procesamiento de molienda, y la diversidad de harinas disponibles en el mercado refleja la rica historia y evolución de esta importante industria alimentaria (Pérez, 2020).

### *1.1.3 Pastas alimenticias*

Las primeras elaboraciones de pasta se remontan a Asia Central y China, donde se utilizaba una mezcla de harinas o sémolas de diversos cereales, no necesariamente de trigo. Esta mezcla se sometía a cocción en agua hirviendo, resultando en una masa densa y poco elástica, adecuada para la elaboración de pan, pero también apta para ser cortada en tiras largas y finas. Entre los siglos XII y XIII, en la Sicilia normanda influenciada por los árabes, se comenzó a secar esta pasta para prolongar su vida útil, lo que la hacía ideal para la alimentación en barcos y caravanas en el norte de África (Verde y Barr, 2013).

En el siglo XV, la cocina italiana consumía pasta ocasionalmente. En la fabricación había un molino clásico para molturar el trigo y un amasado manual para forma de espagueti. La pasta se secaba durante un largo periodo colgándola en varillas a la sombra. Con el tiempo, este procedimiento ha evolucionado, pero la materia prima esencial para la producción de pasta sigue siendo el trigo duro (*Triticum durum*), gracias a su elevado contenido proteico (Guerrero, 2019).

El Codex Alimentarius define la pasta como productos obtenidos mediante la deshidratación de una masa no fermentada, hecha con sémolas, semolinas o harinas de trigo duro, semiduro, blando o sus mezclas, junto con agua potable. Estas pastas resultan de amasar harina o sémola de trigo con agua, en frío o en caliente y pueden incorporar otros ingredientes como huevos, gluten, azafrán para color y aroma, u otros aditivos permitidos por las normas sanitarias. Las pastas pueden ser trefiladas o estiradas con sacabocados, o extendidas a mano, adquiriendo diversas formas y nombres.

Se clasifican en pastas a máquina y pastas a mano según el método de fabricación. Las pastas a máquina se producen en grandes cantidades utilizando equipos automatizados, lo que permite una consistencia uniforme y una mayor eficiencia en la producción. Por otro lado, las pastas a mano se elaboran artesanalmente, resultando en productos únicos con texturas y sabores distintivos.

Las pastas se dividen en varias categorías según su calidad y composición. Entre ellas se encuentran las pastas comunes, que varían en calidad desde superfina, fina hasta ordinaria, y las pastas especiales, como las pastas de huevo o gluten. Las pastas de huevo, por ejemplo, se enriquecen con huevos, lo que les da un color y sabor característicos, mientras que las pastas de gluten están diseñadas para aquellos que buscan productos con un contenido proteico más alto (Guato, 2012).

Las harinas preparadas son combinaciones elaboradas a partir de harina de trigo u otros productos, destinadas a la producción de pan, pastas y productos de confitería fina. Estas mezclas contienen todos los ingredientes y aditivos necesarios, estables dentro de la mezcla, y están diseñadas para cumplir una función técnica específica en el proceso de elaboración. Las mezclas preparadas son una alternativa práctica para los productores, ya que el usuario final solo tiene que añadir agua, amasar o dar forma a la masa resultante, probarla si es necesario y almacenarla.

Estas mezclas en polvo «todo incluido» están formuladas para simplificar el proceso de producción, asegurando que los ingredientes estén en las proporciones correctas para obtener el mejor resultado posible. Además, su estabilidad y facilidad de uso las hacen ideales para la industria alimentaria, donde la consistencia y la eficiencia son factores fundamentales (Guato, 2012).

#### 1.1.4 Sustitución parcial de harina de trigo por lupino

Actualmente, existe un creciente interés en obtener ingredientes alternativos debido a la necesidad de alimentar a una población mundial en constante aumento, asegurar la seguridad alimentaria, combatir el hambre y enfrentar el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles. En este contexto, las legumbres se han destacado como una opción saludable, económica y versátil en las formulaciones de alimentos, beneficiando así la salud pública (Ramón, 2023).

Las investigaciones sobre la fortificación de harina de trigo con harinas no convencionales, como las derivadas de tubérculos y raíces, han mostrado que estos ingredientes poseen una alta digestibilidad gracias su contenido de almidones resistentes. El uso de estas harinas para la elaboración de alimentos con características nutricionales y funcionales mejoradas es esencial para el desarrollo de sistemas alimentarios destinados a poblaciones con escasas de energía y nutrientes (Guato, 2012).

El lupino se ha empleado con éxito para el aumento del contenido proteico en la elaboración de pastas y otros productos. Se ha demostrado que el consumo de alimentos a base de lupino contribuye a minimizar los niveles de lipoproteínas de baja densidad, colesterol, triglicéridos y presión arterial. La harina derivada del lupino es una excelente fuente de macro y micronutrientes. A diferencia de los cereales, el lupino es rico en leucina, un aminoácido esencial que suele ser limitado en productos como el pan y las pastas elaboradas a base de cereales (Ponce, 2018).

Además de sus beneficios nutricionales, el lupino también presenta ventajas funcionales en la producción de alimentos. Su habilidad para mejorar la textura y estabilidad de las pastas y otros productos, convirtiéndolo en un ingrediente valioso en la industria alimentaria. El lupino no solo enriquece los productos con proteínas de alta calidad, sino que también aporta compuestos bioactivos como antioxidantes y fibra dietética, beneficiosos para la salud.

El enfoque en ingredientes alternativos como el lupino es parte de un movimiento más amplio hacia la diversificación de las fuentes de alimentos y la promoción de dietas más

saludables y sostenibles. Esta tendencia responde a la necesidad de enfrentar los desafíos globales de nutrición y salud, ofreciendo soluciones innovadoras que logran mejorar la calidad de vida de personas y apoyar la sostenibilidad ambiental. El enfoque en ingredientes alternativos como el lupino es parte de un movimiento más amplio hacia la diversificación de las fuentes de alimentos y la promoción de dietas más saludables y sostenibles. Esta tendencia responde a la necesidad de enfrentar los desafíos globales de nutrición y salud, ofreciendo soluciones innovadoras que pueden mejorar la calidad de vida de las personas y apoyar la sostenibilidad ambiental.

#### 1.1.5 Pasta tipo «Spätzle»

El «Spätzle» es una pasta tradicional de Alemania, originaria de la región de Suabia (comprendida en los actuales estados federados de Baden-Württemberg y de Baviera). Esta pasta es un alimento esencial en la cocina suaba y es valorada por su sencillez en la preparación. El origen del nombre «Spätzle» está rodeado de varias teorías. Una de ellas sugiere que proviene de la palabra alemana «spatzen», que significa ‘pequeños gorriones’, debido a la forma en que la masa era moldeada a mano, como si se sostuviera a un gorrión. Otra teoría propone que el nombre pudiera derivar del italiano «spezzato», que significa ‘fragmentado’ (Silverstone, G. 2024).

Hoy en día, la mayoría de los «Spätzle» se elaboran con harina de trigo. Antes se usaba harina de espelta, un cereal capaz de crecer en suelos estériles y rico en gluten. La transición a la harina de trigo se dio gradualmente debido a la disponibilidad y las propiedades de cocción del trigo, las cuales resultan en una pasta más suave y adaptable a diversas preparaciones culinarias.

El «Spätzle» es una pasta fresca pequeña con forma de hebras irregulares, a diferencia de otras pastas que suelen tener formas predefinidas. Esta falta de uniformidad le da al «Spätzle» una textura única, suave y húmeda, que se distingue en su cocción rápida. Para preparar «Spätzle», la masa se hace con ingredientes básicos: harina, huevos, agua y sal. La mezcla resultante se presiona a través de un colador o una máquina especial para «Spätzle», creando trozos irregulares que se hierven brevemente hasta que flotan en la superficie del agua.

El «Spätzle» se ha mantenido como un plato versátil en la cocina alemana. Puede servirse como acompañamiento de carnes y salsas ricas o como plato principal, gratinado con queso y cebolla caramelizada, conocido como «Käsespätzle». Además, el «Spätzle» puede ser frito en mantequilla para obtener una textura crujiente, ofreciendo una variedad de opciones para su disfrute.

Más allá de su simplicidad y versatilidad, el «Spätzle» tiene un significado cultural grande en Suabia y otras regiones de Alemania. Se asocia con la tradición y la identidad culinaria local, siendo un símbolo de la cocina casera y de la hospitalidad. El «Spätzle» ha trascendido fronteras y se ha convertido en un platillo apreciado en diversas partes del mundo, adaptándose a nuevas recetas y estilos de cocina, sin perder su esencia tradicional.

El «Spätzle» es un emblema de la tradición culinaria suaba, una muestra de la simplicidad y versatilidad de la cocina alemana. Su evolución y adaptación a lo largo del tiempo reflejan la capacidad de la gastronomía para conservar sus raíces mientras se adapta a las nuevas realidades y preferencias alimentarias.

### 1.2.1 Diseño de mezclas

Es una metodología que estudia los factores experimentales que representan los ingredientes o componentes de una mezcla. A diferencia de otros diseños experimentales en los que los factores pueden variar de manera independiente, en el diseño de mezclas, la respuesta o resultado del experimento depende de las relaciones proporcionales de cada

componente en la mezcla, y no de las cantidades absolutas. Esto significa que los factores no pueden variar de manera independiente entre sí, ya que estas deben sumar una cantidad fija, generalmente el 100% (López, 1992). El diseño de mezclas es fundamental en diversas áreas de investigación y desarrollo, especialmente en la industria alimentaria, farmacéutica, química y de materiales. En estos campos, la formulación de productos depende críticamente de la combinación precisa de varios componentes para lograr propiedades deseadas. Por ejemplo, en la industria alimentaria, la proporción de ingredientes como harina, agua, grasa y azúcar determinará la textura, sabor y estabilidad del producto final. En el diseño de mezclas, se emplean varias técnicas estadísticas y matemáticas para analizar cómo las proporciones de los componentes afectan las propiedades y el rendimiento de la mezcla. Algunos de los métodos utilizados incluyen modelos de regresión, superficies de respuesta y diagramas de contorno. Estos métodos permiten a los investigadores identificar las proporciones óptimas de los componentes para maximizar o minimizar una respuesta deseada, como la resistencia, la viscosidad, el sabor o la estabilidad. En la industria alimentaria, el diseño de mezclas se utiliza para el desarrollo de nuevos productos y la mejora de los existentes. Por ejemplo, formular una masa para panadería implicar la combinación de harinas, grasas y agentes leudantes en proporciones específicas para obtener la textura y el sabor deseados. Una ventaja del diseño de mezclas es su disposición para proporcionar información detallada sobre cómo interactúan los componentes de una mezcla. Esto permite a los investigadores y desarrolladores optimizar las formulaciones de manera más eficiente, reduciendo tiempo y costos generados con el desarrollo de nuevos productos. Además, el diseño de mezclas puede ayudar a identificar sinergias entre los componentes, donde la combinación de ingredientes genera un efecto mayor que la suma de sus partes (López, 1992).

### 1.2.2 Propiedades térmicas en las pastas comestibles

Las propiedades térmicas son parámetros clave que determinan la capacidad de los alimentos para difundir, almacenar y conducir el calor. Estas propiedades son esenciales en el diseño y mejora de los procesos de conservación y cocción de alimentos, asegurando tanto la calidad como la seguridad de los productos alimentarios (Chiozzi, V et al., 2022). Las principales propiedades térmicas se detallan a continuación:

*Conductividad térmica:* Indica la capacidad de un material para conducir el calor. Es un parámetro crucial en procesos donde el calor debe ser transferido eficientemente, como en la cocción y la congelación.

*Difusividad térmica:* La difusividad térmica mide la velocidad a la que el calor se difunde a través del material. Esta propiedad es vital para entender cómo los alimentos se calientan y se enfrían, afectando directamente a la calidad y la seguridad del producto final.

*Calor específico:* Representa la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de la masa de un material en un grado Celsius. Esta propiedad es importante para calcular la energía necesaria en los procesos térmicos, como la pasteurización y la esterilización.

Las propiedades térmicas son fundamentales en el procesamiento de alimentos, ya que permiten diseñar procesos térmicos seguros como la pasteurización, el secado, la esterilización y la congelación. Estos procesos son esenciales para eliminar patógenos y garantizar la seguridad del alimento, preservando al mismo tiempo su calidad nutricional y organoléptica (Chiozzi, V et al., 2022). Choi y Okos desarrollaron ecuaciones que describen las propiedades térmicas y de densidad de los alimentos en un rango de temperatura entre -40 y 150 °C. Estas ecuaciones consideran la dependencia de las propiedades térmicas de los principales componentes de los alimentos, como carbohidratos, grasa, proteína, cenizas, humedad y agua. Este modelo permite una predicción precisa de las propiedades térmicas dependiendo de la composición del alimento y la temperatura (Mwape, M.C et al., 2023). La evaluación térmica

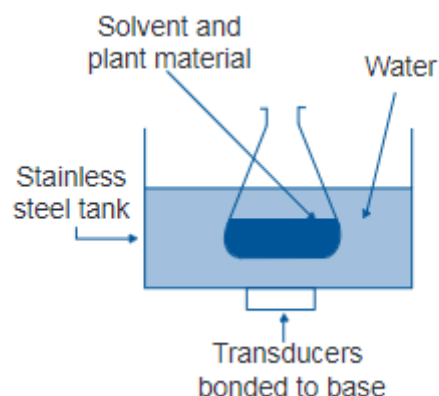


de las pastas comestibles durante el proceso de cocción se realiza mediante un termómetro infrarrojo digital, que proporciona datos precisos sobre las temperaturas de la pasta en diferentes etapas de la cocción. Este método demuestra la eficacia del termómetro infrarrojo para monitorear la temperatura de una manera no invasiva, preservando la calidad del alimento. La precisión de esta técnica es de ayuda para asegurar que los alimentos alcancen las temperaturas adecuadas para la cocción sin comprometer su textura y sabor (Wang, X., 2021).

### 1.2.3 Determinación de Grasa por Extracción Asistida con Ultrasonido

Este método se basa en una secuencia de compresiones y expansiones de ondas dentro de un medio líquido. Este proceso provoca la rápida formación de burbujas a través del fenómeno de cavitación. La cavitación consiste en la creación, expansión y eventual disolución de microburbujas de vapor en un líquido previamente homogéneo. Este fenómeno puede describirse como la interrupción del flujo continuo del líquido debido a tensiones extremadamente altas (Gutiérrez et al., 2019) como podemos observar en la figura 1.

*Figura 1 Ilustración de la Extracción Utilizando Ultrasonido como Asistente*



Nota: Adaptado de (Azuola V. & Vargas P, 2007)

En esta figura podemos observar un dispositivo de ultrasonido compuesto por un recipiente de acero inoxidable lleno de agua. Este sistema utiliza transductores para generar ondas ultrasónicas que eliminan las partículas, permitiendo que se mezclen con el solvente. De esta manera, se facilita la extracción máxima de aceite de la materia prima. En esta técnica es importante considerar las variables como el tiempo reducido en temperaturas bajas y una disminución en el consumo de solventes, la frecuencia y su intensidad para optimizar la extracción de grasa, una menor alteración en su estructura y material molecular dando como ventaja en comparación con otras técnicas de extracción convencional como es el método de Soxhlet (Vinatoru et al., 2017; Kumar et al., 2021).

#### 1.2.4 Evaporación Rotativa

En este método se utiliza un equipo llamado evaporador rotativo o reto evaporador, donde se logra recuperar el disolvente utilizado aplicando bajas presiones de manera rápida y evitando afectar el compuesto orgánico. En este método se logra evaporizar y condensar el disolvente utilizado, haciendo uso de un matraz rotativo que gira coadyuvado con la inclusión de un vacío aumentando el desempeño de la operación. Podemos observar las partes del equipo de evaporador rotativa en la figura 2.

*Figura 2 Evaporador rotativo*



Nota: Adaptado de Schwarzer, M., & Reichl, S. (2010).

**Matraz receptor:** Aquí se almacena el disolvente que utilizamos mediante el condensado. Por medio de la aplicación de vacío, reducimos la temperatura de ebullición, aumentando el rendimiento y la eficiencia del proceso.

**Superficie de refrigeración:** El vapor que se generó por el disolvente circula con mucha rapidez hacia el condensador, donde la energía del vapor provocado fluye al refrigerante, que normalmente es agua, generando que el disolvente logre condensarse.

**Superficie de evaporación:** Aquí el disolvente se calentado con un baño maría. Luego es mezclado dentro del matraz con una rotación constante evitando el sobrecalentamiento de la mezcla, otorgando un rango de evaporización incrementada (Leiva, 2015).

## CAPÍTULO II

### 2.1. METODOLOGÍA

#### *2.1.1 Localización de la investigación*

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), específicamente en la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud (FCQS), y se desarrolló en varias fases. Primera fase consistió en la producción de harina a partir del frijol lupino. En la segunda fase, se elaboró pasta alimenticia mediante la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de frijol lupino. La tercera fase incluyó una evaluación sensorial para determinar el tratamiento más adecuado, basado en los atributos sensoriales de la pasta. Finalmente, en la

cuarta fase, se realizó un análisis proximal del tratamiento seleccionado. Para ello, utilizamos un diseño de mezclas para evaluar sus propiedades térmicas. Estos procedimientos se hicieron en los laboratorios de la FCQS-UTMACH.

### ***2.1.2 Tipo de investigación***

La presente investigación es de tipo experimental y descriptivo, ya que se produjeron las pastas alimenticias y se sometieron a una evaluación sensorial de estas pastas. Una vez cumplimentada esta etapa, se realizó su caracterización fisicoquímica.

### ***2.1.3 Materia prima***

Se utilizaron 2 kg de semillas de frijol lupino procedentes de la provincia de Chimborazo, Ecuador, para obtener la harina del frijol lupino.

### ***2.1.4 Preparación de la materia prima***

Dado que el frijol lupino contiene alcaloides que le confieren un sabor amargo característico, se decidió realizar un proceso de desamargado para mejorar la calidad sensorial del producto. Se seleccionaron granos de lupino provenientes de la provincia de Chimborazo que cumplieran con las condiciones adecuadas para el tratamiento. El proceso comienza con el remojo de los granos en una relación de 1:3 (lupino: agua) durante 12 horas. Luego, los granos se escurren y se cocinan en agua fresca, en una proporción de 1:2, durante 45 minutos a partir de la ebullición. Tras la cocción, los granos se colocan en un recipiente limpio y se sumergen nuevamente en agua a temperatura ambiente en una proporción de 1:3. Durante un periodo de 72 horas (3 días), se realizan cambios de agua cada 10 horas para continuar eliminando los alcaloides amargos del grano. Finalmente, los granos se secan en una estufa a 70 °C durante 24 horas para completar el proceso.

### ***2.1.5 Obtención de la harina de frijol lupino***

Una vez completado el proceso de desamargado y secado, los granos se muelen utilizando un molino industrial continuo de discos IAD-MD-60kg (Camsco Electric, Taipei,

República de China/Taiwan). La molienda se realiza durante 5 minutos a una velocidad de 3000 rpm. Después, la harina obtenida se tamiza para asegurar su pureza, usando un cernidor de acero inoxidable con asas y un diámetro de 29 cm.

## **2.1.6 Formulación de la pasta tipo «Spätzle»**

### **2.1.6.1 Diseño de mezclas**

Se llevó a cabo un diseño de mezclas en el que los insumos principales fueron harina de frijol lupino y harina de trigo, mientras que los ingredientes adicionales (huevo, sal, mantequilla y leche entera) permanecieron en magnitudes constantes. La fórmula básica aplicada consistió en un 75 % de mezcla de harinas y un 25 % de ingredientes adicionales; esto se especifica en la tabla 2. La proporción específica de cada harina en las formulaciones fue diseñada utilizando el programa estadístico Design Expert (Stat-Ease, Inc., Mineápolis, Estados Unidos); los tratamientos obtenidos se detallan en la tabla 3. Para la elaboración de las pastas, se siguió el proceso descrito en la ilustración 1 con la aplicación de los 5 tratamientos derivados del diseño experimental.

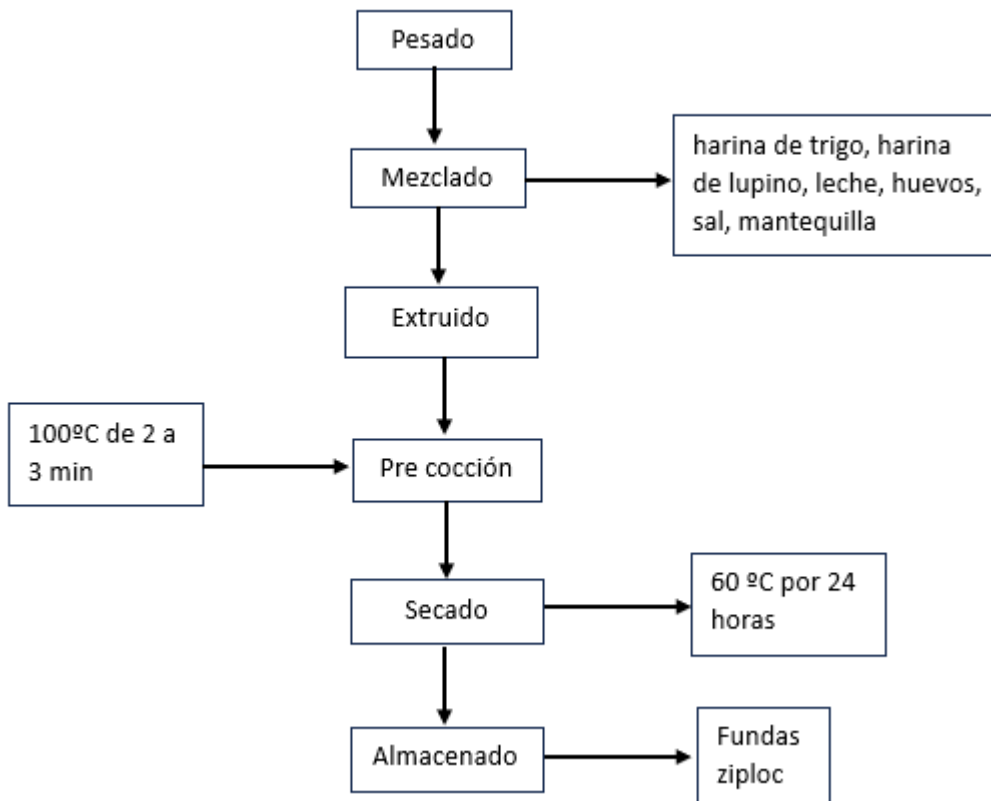
**Tabla 2 Formulación de la pasta tipo «Spatzle».**

| <b>Materia prima</b>               | <b>Tratamientos</b> |           |           |           |           |
|------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                    | <b>F1</b>           | <b>F2</b> | <b>F3</b> | <b>F4</b> | <b>F5</b> |
| <b>Harina de trigo</b>             | 200                 | 181,25    | 125       | 162,5     | 143,75    |
| <b>(g)</b>                         |                     |           |           |           |           |
| <b>Harina de frijol lupino (g)</b> | 50                  | 68,75     | 125       | 87,5      | 106,25    |
| <b>Leche (ml)</b>                  | 200                 | 200       | 200       | 200       | 200       |
| <b>Huevos (g)</b>                  | 100                 | 100       | 100       | 100       | 100       |
| <b>Sal (g)</b>                     | 5                   | 5         | 5         | 5         | 5         |
| <b>Mantequilla (g)</b>             | 10                  | 10        | 10        | 10        | 10        |

**Tabla 3: Tratamientos obtenidos del diseño de mezclas.**

| Tratamiento | Harina de trigo | Harina de frijol lupino |
|-------------|-----------------|-------------------------|
| F1          | 80              | 20                      |
| F2          | 72,50           | 27,50                   |
| F3          | 50,00           | 50,00                   |
| F4          | 65,00           | 35,00                   |
| F5          | 57,50           | 42,50                   |

**Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la pasta tipo «Spätzle».**



### **2.1.6.2 Descripción del diagrama de flujo para la elaboración de la pasta tipo «Spätzle»**

**Pesado:** Se pesó en una balanza analítica para obtener los resultados de la harina de trigo y la harina de frijol lupino.

**Mezclado:** Se mezcló todos los ingredientes, las harinas con mantequilla, huevos, leche y sal, en un recipiente de acero inoxidable.

**Extruido:** La mezcla se pasó por un extrusor manual para obtener la forma de la pasta tipo «Spätzle».

**Precocción:** La pasta es sometida a una precocción en agua a ebullición durante un periodo de 2 a 3 minutos.

**Secado:** La pasta precocida fue colocada en bandejas de aluminio y se la llevó a una estufa con una temperatura de 60°C durante 24 horas.

**Almacenado:** Ya obtenida la pasta, se colocó en bolsas de polietileno de cierre hermético para su almacenamiento.

### ***2.1.6.3 Evaluación de propiedades térmicas***

El proceso de medición de la temperatura de la pasta se llevó a cabo utilizando un termómetro digital infrarrojo Benetech GM550 (Shenzhen Jumaoyuan Science And Technology Co., Ltd., Shenzhen, República Popular China). Para garantizar la precisión, se tomaron tres lecturas de temperatura en cada etapa del proceso. Primero, se registró la temperatura inicial de la pasta antes de su cocción. Luego, se hirvió agua en una olla metálica hasta alcanzar los 100 °C, y se sumergió la pasta en esta agua, midiendo la temperatura en ese punto. Finalmente, la pasta se secó en una estufa Memmert UN55 (Mettler Toledo GmbH + Co. KG, Schwabach, Alemania) a 65 °C y se tomaron medidas adicionales de temperatura durante este proceso. Las ecuaciones utilizadas para la determinación de las propiedades térmicas, establecidas por Choi y Okos (Mwape, et al., 2023), se detallan en la tabla 4, permitiendo una evaluación precisa de las propiedades térmicas de la pasta y asegurando la consistencia en los resultados obtenidos.

***Tabla 4: Ecuaciones empíricas para determinar las propiedades térmicas a partir de los componentes de los alimentos.***

|  |  |
|--|--|
|  | Agua $K_w = 5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3}t - 6,7036 \times 10^{-6}t^2$     |
|  | Proteína $K_p = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3}t - 2,7178 \times 10^{-6}t^2$ |

|   |   |
|---|---|
| <b>Conductividad térmica</b><br><b>W/(m·°C)</b> | Grasa $K_f = 1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-3}t - 1,7749 \times 10^{-7}t^2$             |
|   | Carbohidratos $K_{cho} = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3}t - 4,3312 \times 10^{-6}t^2$ |
|   | Ceniza $K_{as} = 3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3}t - 2,9069 \times 10^{-6}t^2$         |
| <b>Densidad</b><br><b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>    | Agua $\rho_w = 9,9718 \times 10^2 + 3,1439 \times 10^{-3}t - 3,7574 \times 10^{-3}t^2$              |
|   | Proteína $\rho_p = 1,3299 \times 10^3 - 5,1840 \times 10^{-1}t$                                     |
|   | Grasa $\rho_f = 9,2559 \times 10^2 - 4,1757 \times 10^{-1}t$  |
|   | Carbohidrato $\rho_{CHO} = 1,5991 \times 10^3 - 3,1046 \times 10^{-1}t$                             |
|   | Ceniza $\rho_{as} = 2,4238 \times 10^3 - 2,8063 \times 10^{-1}t$                                    |
| <b>Calor específico</b> <b>J/(kg·°C)</b>        | Agua $C_{pw} = 4,1762 \times 10^3 - 9,0864 \times 10^{-2}t + 5,4731 \times 10^{-3}t^2$              |
|   | Proteína $C_{pp} = 2,0082 \times 10^3 + 1,2089t - 1,3129 \times 10^{-3}t^2$                         |
|   | Grasa $C_{pf} = 1,9842 \times 10^3 + 1,4733t - 4,8008 \times 10^{-3}t^2$                            |
|   | Carbohidrato $C_{pCHO} = 1,5488 \times 10^3 + 1,9625t - 5,9399 \times 10^{-3}t^2$                   |
|   | Ceniza $C_{pas} = 1,0926 \times 10^3 + 1,8896t - 3,6817 \times 10^{-3}t^2$                          |

Nota: Adaptado de (Mwape, et al., 2023)

#### 2.1.6.4 Evaluación de costos

Se desarrolló un enfoque cuantitativo para evaluar los costos en la producción de la pasta tipo «Spätzle», donde se analizaron los costos para la mano de obra, materias primas y maquinaria mediante una identificación y clasificación de estos.

#### 2.1.7 Evaluación de la aceptación sensorial

En esta fase se seleccionaron 30 catadores sin experiencia previa en pruebas sensoriales (catadores consumidores) para evaluar cinco formulaciones diferentes de pasta tipo «Spätzle». Los catadores evaluaron un total de diez características de las muestras, que incluían: «color», «uniformidad del tamaño y la forma», «ternura», «elasticidad», «sabor», «intensidad del sabor», «balance de sabores», «intensidad del aroma», «atractivo del aroma» y «aceptación



global». Cada característica se calificó usando una escala hedónica estructurada del 1 al 5, donde 1 representaba la calificación más baja y 5 la más alta (Saltos, 2010)

Para determinar la pasta que obtuvo la mayor aceptación, se tomó como referencia la característica de aceptación global. Las hipótesis planteadas para este análisis fueron las siguientes:

El análisis de varianza permitió verificar si las diferencias en la aceptación global son estadísticamente significativas y, por ende, identificar la formulación preferida por los catadores (García, 2014).

### ***2.1.8 Análisis de la composición proximal de la pasta tipo «Spätzle»***

**2.1.8.1 Determinación de proteínas.** Para determinar la cantidad de proteínas se analizó según el método Kjeldahl (NTE-INEN 519: 1980-12).

**2.1.8.2 Determinación del contenido de grasa.** Se inició el proceso pesando un balón volumétrico vacío de 200 ml para establecer una medida base. Posteriormente, la pasta fue triturada en un matraz hasta obtener una harina fina. A continuación, se tomaron 3,79 g de esta harina. y se colocaron en un matraz. Añadimos 100 mL de acetato de etilo como disolvente para llevar a cabo la extracción. Para evitar la evaporación del disolvente, se cubrió la boca del matraz con papel de aluminio y se sometió a un baño de ultrasonido (Thermo Fischer, Waltham, Estados Unidos). La muestra se mantuvo en el baño de ultrasonido durante 30 minutos con una frecuencia de 40-50 kHz. Una vez completada la extracción, se filtró la mezcla a través de un embudo equipado con un papel filtro colocado sobre el balón volumétrico vacío previamente pesado de 200mL. Esto permitió separar la fase líquida de las partículas sólidas restantes. El líquido filtrado contenido en el balón se trasladó a un evaporador rotatorio (Heidolph GmbH, Schwabach, Alemania). El evaporador rotatorio está equipado de dos componentes principales: una unidad de vacío para la generación de este (Vacuubrand GmbH + CO KG, Wertheim am

Main, Alemania) y una unidad refrigerante ALPHA RA 8 (Lauda Dr. R. Wobser GmbH & CO. KG, Lauda-Königshofen, Alemania), que facilita la condensación del disolvente mediante un diferencial de temperaturas. Llevamos a cabo el proceso a una temperatura de 40 °C con una velocidad de rotación de 30 rpm. El vacío aplicado de inicio fue de 220 atm, adecuado para el acetato de etilo. Este procedimiento permitió separar y obtener el aceite de la muestra, recogido y reservado. El porcentaje de grasa se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{\text{Peso de balón con aceite concentrado} - \text{Peso de balón vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**2.1.8.3 Determinación de la cantidad de humedad:** La humedad se evaluó según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 20483. Determinamos el contenido de humedad en la muestra ganadora, identificada por su alta aceptación global en el análisis sensorial, se utilizó una termobalanza MB90 (OHAUS Corporation, Parsippany, Estados Unidos). Cada muestra se pesó con precisión utilizando la termobalanza antes de iniciar el proceso de secado. La determinación se realizó en triplicado asegurando la precisión y reproducibilidad de los resultados. El procedimiento consistió en secar la muestra a una temperatura constante de 105 °C, utilizando una fuente de calentamiento halógeno. Este método se eligió por su capacidad para dar resultados rápidos y precisos. Los datos obtenidos permitieron calcular el contenido de humedad de manera exacta, conforme a las directrices establecidas en Velázquez (2019).

**2.1.8.4 Determinación del porcentaje de cenizas:** Realizamos la determinación del contenido de cenizas siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 520:2012. Para este análisis, se empleó un crisol de porcelana previamente tarado para asegurar mediciones precisas. Se pesaron alrededor de 3 gramos de la muestra de interés y se colocaron en el crisol de porcelana tarado. Este crisol se utilizó para garantizar que no hubiera interferencias en el peso final debido al contenedor. El crisol con la muestra fue

colocado en una mufla MF-14 (Hanyang Science Lab Co., Ltd., Seúl, República de Corea), con capacidad máxima de 4600 W y temperatura máxima de 1200 °C. Se programó la mufla para alcanzar y mantener una temperatura constante de 550 °C durante 4 horas. Esta temperatura y duración permitieron la completa incineración de la muestra, eliminando los componentes orgánicos y dejando únicamente el residuo de cenizas. Tras el proceso de incineración, el crisol se retiró de la mufla y se dejó enfriar durante aproximadamente 20 minutos. Este enfriamiento es crucial para evitar cambios en el peso debido a la absorción de humedad del aire. Una vez enfriado, el crisol con las cenizas se pesó con precisión. El porcentaje de cenizas se calculó utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{\text{Peso cenizas} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Este valor representa la proporción de cenizas en la muestra, proporcionando una medida de los residuos inorgánicos presentes después de la incineración.

**2.1.8.5 Determinación del contenido carbohidratos:** Se determinó el contenido de carbohidratos en la pasta calculando el porcentaje restante después de determinar los principales componentes de la muestra, siguiendo el método descrito por Vargas et al. (2022). La fórmula empleada para calcular el porcentaje de carbohidratos es la siguiente:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Grasa} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Humedad})$$

### **2.1.9 Análisis de costo beneficio**

Para realizar el análisis de costo-beneficio de la elaboración de pasta de frijol lupino, se siguió una metodología estructurada. En primer lugar, se calculan todos los costos involucrados en la producción de 1 kg de pasta, incluyendo costos de materias primas, mano de obra, energía, y otros gastos operativos. Simultáneamente, se identifican y cuantifican los beneficios asociados a la venta de la pasta. Para la evaluación de la viabilidad económica del proyecto, se emplea la fórmula del Valor Actual Neto (VAN), que se calcula como sigue:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

Donde  $B_t$  representa los beneficios en el año ( $t$ ), ( $C_t$ ) son los costos en el año ( $t$ ), y ( $r$ ) es la tasa de descuento. El VAN ayuda a determinar si el proyecto generará beneficios netos positivos al descontar los flujos futuros de caja a su valor presente.

Además, se calcula la Tasa Interna de Retorno (TIR), que es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. La TIR proporciona una medida del rendimiento esperado del proyecto y permite comparar con otras oportunidades de inversión (Carrquiry et al.,2019).

Finalmente, se determina la relación Beneficio-Costo (B/C), la cual se calcula mediante la fórmula:

$$B / C = \frac{\sum \frac{Bt}{(1+r)^t}}{\sum \frac{Ct}{(1+r)^t}}$$

Donde el numerador es la suma de los beneficios descontados y el denominador es la suma de los costos descontados. Esta relación indica la proporción de beneficios obtenidos por cada unidad de costo y ayuda a evaluar la rentabilidad general del proyecto (Carrquiry et al.,2019).

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### ***3.1.1 Propiedades térmicas***

La valoración de las propiedades térmicas de la masa y la pasta tipo «Spätzle» se realizó en distintas etapas del proceso, obteniendo los siguientes resultados: para la masa cruda, la conductividad térmica ( $K$ ) fue de 1,52 W/(m·°C), la densidad ( $\rho$ ) de 137,36 kg/m<sup>3</sup>, y la

capacidad calorífica específica ( $C_p$ ) de 1094,73 J/(kg·°C); durante la cocción, la conductividad térmica fue de 1,6 W/(m·°C), la densidad de 136,61 kg/m<sup>3</sup>, y la capacidad calorífica específica de 1227,40 J/(kg·°C); durante el secado, la conductividad térmica fue de 1,6 W/(m·°C), la densidad de 136,56 kg/m<sup>3</sup>, y la capacidad calorífica específica de 1236,07 J/(kg·°C). Estos datos, detallados en la tabla 5, muestran la media y desviación típica de las propiedades térmicas durante la cocción.

**Tabla 5: Propiedades térmicas de la pasta tipo «Spätzle» en función de la temperatura**

| <b>Parámetros</b>            | <b>Unidades</b>              | <b>Valor<br/>determinado a<br/>72 °C</b> |
|------------------------------|------------------------------|--|
| <b>Conductividad térmica</b> | (K) W/ (m· °C)               | 1,573 ± 0,0021                           |
| <b>Densidad</b>              | ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup> | 136,84 ± 0,448                           |
| <b>Capacidad calorífica</b>  | ( $C_p$ ) J/(kg·°C).         | 1186,1 ± 79,2                            |

Según Torres-González et al. (2016), las propiedades térmicas de una pasta funcional cocida a 98 °C son una conductividad térmica de 0,68 ± 0,07 W/(m·°C), densidad de 1254,49 ± 30,47 kg/m<sup>3</sup> y capacidad calorífica de 3145,36 ± 88,45 J/(kg·°C). Comparativamente, la harina de trigo presenta una densidad de 1198 kg/m<sup>3</sup>, conductividad térmica de 0,358 W/(m·°C) y capacidad calorífica de 2,85 J/(kg·°C), lo que resalta las diferencias debidas a la composición del producto, ya que la densidad y porosidad de la pasta tipo «Spätzle» influyen en la transferencia de calor (Fardet, 2010). Las propiedades térmicas determinadas, como la conductividad térmica, la densidad y la capacidad calorífica pueden ayudar a optimizar los procesos de cocción y secado de la pasta tipo «Spätzle» con inclusión de frijol lupino. Conocer la conductividad térmica permite ajustar los tiempos y temperaturas de cocción para asegurar una cocción uniforme y eficiente, mientras que la capacidad calorífica ayuda a diseñar equipos

que maximicen la eficiencia energética. Estas propiedades también permiten establecer parámetros de control de calidad precisos, asegurando la consistencia del producto, y diseñar procesos térmicos seguros que eliminen patógenos sin comprometer la calidad. Además, facilitan la adaptación de formulaciones con nuevos ingredientes y la investigación y desarrollo de nuevos productos, contribuyendo a la innovación y sostenibilidad en la industria alimentaria.

### 3.1.2 Análisis sensorial

#### 3.1.2.1 Color.

De acuerdo con el resultado del diseño de bloques en lo que respecta al color (donde esta variable se consideraba como el factor principal y los jueces fueron bloqueados como factor secundario), se obtuvo un valor p de 0,000 ( $p < 0,05$ ) para el color de las muestras evaluadas y un valor de 0,364 ( $p < 0,05$ ) para los jueces, respectivamente. Así se establece que hubo diferencias significativas en la calificación del color y, por otra parte, el efecto secundario que podría haber tenido el evaluador no es significativo. Según este análisis, la muestra F5, con valor promedio en calificación de 3,4, es la muestra con la calificación media más alta; por lo tanto, y según el análisis estadístico, es la muestra ganadora en cuanto a color.

**Tabla 6: Diseño De bloques-color**

| Fuente | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|--------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
|        | 4   | 55,56        | 13,8900      | 16,24      | 0,000      |
| MUESTR |     |              |              |            |            |
| A      |     |              |              |            |            |
| JUEZ   | 29  | 26,99        | 0,9308       | 1,09       | 0,364      |
| Error  | 116 | 99,24        | 0,8555       |            |            |

Total            149    181,79

**3.1.2.2 Uniformidad del tamaño y forma:** Basado en el análisis de bloques con respecto a la uniformidad del tamaño y forma (considerado como el factor principal y los jueces como el factor secundario), se obtuvo un valor p de 0,002 ( $p < 0,05$ ) para el color de las muestras evaluadas y un valor p de 0,159 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto indica diferencias significativas en la calificación de la uniformidad del tamaño y forma, mientras que el efecto de los jueces no fue significativo. Según este análisis, la muestra F4, con una calificación media de 3,4, con la calificación media más alta, es la que obtuvo la mejor puntuación en la uniformidad del tamaño y forma.

***Tabla 7 Diseño De Bloques-Uniformidad Del Tamaño Y Forma***

| Fuente      | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|-------------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
| MUESTR<br>A | 4   | 16,76        | 4,1900       | 4,39       | 0,002      |
| JUEZ        | 29  | 36,29        | 1,2515       | 1,31       | 0,159      |
| Error       | 116 | 110,84       | 0,9555       |            |            |
| Total       | 149 | 163,89       |              |            |            |

**3.1.2.3 Ternura:** De acuerdo con el diseño experimental en bloques, donde ternura era la variable principal y los jueces el factor secundario, se obtuvo un valor p de 0,000 ( $p < 0,05$ ) para la ternura y de 0,173 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto sugiere que hubo diferencias significativas en las calificaciones de ternura, pero no en la influencia de los jueces. Así, las muestras F1 y F2, con un promedio de 3,3, con la calificación media más alta, se destaca como la mejor en términos de ternura.

**Tabla 8: Diseño de bloques-ternura**

| Fuente      | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|-------------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
| MUESTR<br>A | 4   | 28,91        | 7,2267       | 10,29      | 0,000      |
| JUEZ        | 29  | 26,27        | 0,9060       | 1,29       | 0,173      |
| Error       | 116 | 81,49        | 0,7025       |            |            |
| Total       | 149 | 136,67       |              |            |            |

**3.1.2.4 Elasticidad:** Según los resultados del diseño de bloques respecto a la elasticidad (considerado el factor principal, con los jueces como factor secundario), el valor p obtenido para la elasticidad fue de 0,009 ( $p < 0,05$ ), y para los jueces fue de 0,000 ( $p < 0,05$ ). Esto demuestra diferencias significativas en las calificaciones de la elasticidad, mientras que la influencia de los jueces también es significativa. La muestra F4, con un promedio de 4,03, con la calificación media más alta, es la mejor valorada en cuanto a la elasticidad.

**Tabla 9: Diseño de bloques-elasticidad**

| Fuente      | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|-------------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
| MUESTR<br>A | 4   | 10,97        | 2,7433       | 3,56       | 0,009      |
| JUEZ        | 29  | 58,14        | 2,0048       | 2,60       | 0,000      |
| Error       | 116 | 89,43        | 0,7709       |            |            |
| Total       | 149 | 158,54       |              |            |            |



**3.1.2.5 Sabor:** Con base en el diseño de bloques enfocado en el sabor (como factor principal y los jueces como factor secundario), se encontró un valor p de 0,000 ( $p < 0,05$ ) para el sabor de las muestras y de 0,002 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto indica diferencias significativas en la evaluación del sabor al igual que en la influencia de los jueces. La muestra F5, con un promedio de 3,7, con la calificación media más alta, siendo así la ganadora en cuanto a sabor.

**Tabla 10** *Diseño de bloques-Sabor*

| Fuente | GL  | SC     | MC     | Valor | Valor |
|--------|-----|--------|--------|-------|-------|
|        |     | Ajust. | Ajust. | F     | p     |
| MUESTR | 4   | 20,03  | 5,0067 | 6,13  | 0,000 |
| A      |     |        |        |       |       |
| JUEZ   | 29  | 51,26  | 1,7676 | 2,16  | 0,002 |
| Error  | 116 | 94,77  | 0,8170 |       |       |
| Total  | 149 | 166,06 |        |       |       |

**3.1.2.6 Intensidad del sabor:** De acuerdo con el diseño de bloques respecto a la intensidad del sabor (donde esta variable era el factor principal y los jueces el secundario), se obtuvo un valor p de 0,000 ( $p < 0,05$ ) para la intensidad del sabor y de 0,022 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto establece que hubo diferencias significativas en la calificación de la intensidad del sabor, al igual que en la influencia de los jueces. Las muestras F4 y F5, con un promedio de 3,2, es la que tiene la calificación media más alta en la intensidad del sabor.

**Tabla 11:** *Diseño de bloques-intensidad del sabor.*

| Fuente | GL | SC     | MC     | Valor | Valor |
|--------|----|--------|--------|-------|-------|
|        |    | Ajust. | Ajust. | F     | p     |

|        |     |        |        |      |       |
|--------|-----|--------|--------|------|-------|
|        | 4   | 25,60  | 6,4000 | 6,82 | 0,000 |
| MUESTR |     |        |        |      |       |
| A      |     |        |        |      |       |
| JUEZ   | 29  | 47,10  | 1,6241 | 1,73 | 0,022 |
| Error  | 116 | 108,80 | 0,9379 |      |       |
| Total  | 149 | 181,50 |        |      |       |

**3.1.2.7 Balance del sabor:** Según los resultados del diseño en bloques con respecto al balance del sabor (considerado como el factor principal y los jueces como el secundario), se obtuvo un valor p de 0,000 ( $p < 0,05$ ) para el balance del sabor de las muestras y de 0,295 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto muestra diferencias significativas en la calificación del balance del sabor, mientras que la influencia de los jueces no fue significativa. La muestra F4, con un promedio de 2,9, es la mejor en balance del sabor.

*Tabla 12: Diseño de bloques-balance del sabor.*

| Fuente  | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|---------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
| MUESTRA | 4   | 21,57        | 5,3933       | 6,28       | 0,000      |
| JUEZ    | 29  | 28,64        | 0,9876       | 1,15       | 0,295      |
| Error   | 116 | 99,63        | 0,8589       |            |            |
| Total   | 149 | 149,84       |              |            |            |

**3.1.2.8 Intensidad del aroma:** Basado en los resultados del diseño de bloques en relación con la intensidad del aroma (donde esta variable se consideraba el factor principal y los jueces eran el factor secundario), se obtuvo un valor p de 0,000 ( $p < 0,05$ ) para la intensidad del aroma y de 0,003 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto indica diferencias significativas en la calificación de la intensidad del aroma, al igual que en la influencia de los jueces. La muestra

F4, con un promedio de 3,4, es la que mejor calificación media que se obtuvo en la intensidad del aroma.

**Tabla 13: Diseño de bloque-intensidad del aroma.**

| Fuente | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|--------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
|        | 4   | 27,04        | 6,7600       | 10,14      | 0,000      |
| MUESTR |     |              |              |            |            |
| A      |     |              |              |            |            |
| JUEZ   | 29  | 40,37        | 1,3922       | 2,09       | 0,003      |
| Error  | 116 | 77,36        | 0,6669       |            |            |
| Total  | 149 | 144,77       |              |            |            |

**3.1.2.9 Atractivo del aroma:** Según el diseño de bloques aplicado al atractivo del aroma (considerado como factor principal y los jueces como factor secundario), el valor p obtenido para el atractivo del aroma fue de 0,013 ( $p < 0,05$ ) y para los jueces fue de 0,000 ( $p < 0,05$ ). Esto demuestra diferencias significativas en la calificación del atractivo del aroma al igual que en la influencia significativa de los jueces. La muestra F5, con un promedio de 3,4, es la mejor valorada en la media del atractivo del aroma.

**Tabla 14: Diseño de bloques-atractivo del aroma.**

| Fuente | GL | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|--------|----|--------------|--------------|------------|------------|
|        | 4  | 8,440        | 2,1100       | 3,31       | 0,013      |
| MUESTR |    |              |              |            |            |
| A      |    |              |              |            |            |
| JUEZ   | 29 | 49,573       | 1,7094       | 2,68       | 0,000      |

|       |     |         |        |
|-------|-----|---------|--------|
| Error | 116 | 73,960  | 0,6376 |
| Total | 149 | 131,973 |        |

**3.1.2.10 Aceptación global:** De acuerdo con el diseño de bloques en relación con la aceptación global (con el color como factor principal y los jueces como factor secundario), se obtuvo un valor p de 0,003 ( $p < 0,05$ ) para la aceptación global y de 0,009 ( $p < 0,05$ ) para los jueces. Esto muestra diferencias significativas en las calificaciones de la aceptación global igual que en la influencia de los jueces. La muestra F5, con un promedio de 3,5, es la ganadora en cuanto a aceptación global.

*Tabla 15 Diseño de bloques-aceptación global.*

| Fuente | GL  | SC<br>Ajust. | MC<br>Ajust. | Valor<br>F | Valor<br>p |
|--------|-----|--------------|--------------|------------|------------|
|        | 4   | 11,44        | 2,8600       | 4,36       | 0,003      |
| MUESTR |     |              |              |            |            |
| A      |     |              |              |            |            |
| JUEZ   | 29  | 36,27        | 1,2508       | 1,91       | 0,009      |
| Error  | 116 | 76,16        | 0,6566       |            |            |
| Total  | 149 | 123,87       |              |            |            |

Según los resultados estadísticos que obtuvimos de la evaluación sensorial la muestra mejor calificada y la que tuvo mayor aceptación por parte de los jueces, fue la formulación F5. En otros estudios de Ramírez et al., (2012), en donde se compara la aceptabilidad de la pasta alimenticia con sustitución parcial de harina de trigo por harina de fruta pan demuestra que a mayor sustitución de harina de trigo menor aceptabilidad por parte de los consumidores; en este estudio sucede lo contrario, siendo más aceptada la formulación con menos harina de trigo,

esto puede deberse a que para la evaluación sensorial se usó aderezos tales como mantequilla y perejil los cuales pueden opacar algunos atributos de las pastas y por otro lado forman parte de los hábitos alimenticios de una gran parte de la población (Castillo et al., 2016).

### 3.1.3 Composición proximal

**Tabla 16 Media y desviación típica para la composición proximal de la pasta tipo «Spätzle»**

| <b>Componente</b>          | <b>(%)</b>      |
|----------------------------|-----------------|
| <b>Proteína</b>            | 24,697 ± 0,0252 |
| <b>Grasa</b>               | 12,690 ± 0,0200 |
| <b>Humedad</b>             | 1,8233 ± 0,1553 |
| <b>Cenizas</b>             | 2,007 ± 0,290   |
| <b>Hidratos de carbono</b> | 60,727 ± 0,211  |

Según Castelblanque (2016), en el análisis químico de una pasta a base de harina de chufa y trigo se obtuvo un contenido proteico de 18,13 % en comparación con la pasta tipo «Spätzle» con un contenido proteico de 24,697 ± 0,0252 donde se observa que tiene mayor contenido de proteína. Según Berrazaga et al. (2020), una pasta convencional de trigo tiene un contenido proteico del 13 %, demostrando que la inclusión de harina de frejol lupino afectó de manera significativa en la estructura del porcentaje proteico, dando como resultado una pasta con un perfil de aminoácidos mucho más equilibrado con una mejor digestibilidad de proteínas.

Según Castelblanque (2016), el contenido de grasa en su pasta fue de 25,97 % esto se debe al porcentaje de grasa que contiene la chufa siendo de 25,07 %, el contenido de grasa de la pasta tipo «Spätzle» es de 12,690 ± 0,0200, siendo menor y esto se debe a que el trigo tiene un contenido de grasa de 2,5 % y el frijol lupino de 9 % (Briceño-Berru et al., 2021), esto puede ser por la presencia de micelas con lecitina que están presentes en el grano del frijol lupino. La

fracción lipídica puede llegar a verse afectada por presencia de estrés hídrico, reduciendo a la mitad su contenido lipídico (Carvajal-Larenas et al., 2016).

La humedad, según Castelblanque (2016), de su pasta de trigo con inclusión de chufa fue de 22,5 % siendo significativamente alta, esto se debe al porcentaje de humedad de la harina de trigo que es más alta que el contenido de humedad de la chufa. Las pastas elaboradas únicamente con harina de trigo tienen un contenido de humedad aproximadamente de 12,5 % (Chávez., 2020). El contenido de humedad de la pasta tipo «Spätzle» es de  $1,8233 \pm 0,1553$ , indicando que un adecuado control de humedad en la pasta no solamente es garantía de calidad sino también de su seguridad alimentaria ya que nos asegura de un crecimiento microbiano y dándonos una estabilidad durante su almacenamiento.

El contenido de cenizas en la pasta a base de harina de chufa y trigo fue de 3,76 % (Castelblanque, 2016) esto se debe al contenido de minerales en la chufa, (Buenrostro et al., 2023) Dice que la harina de trigo tiene un contenido promedio de cenizas del 1.2 %.en comparación de la pasta tipo «Spätzle» que obtuvo  $2,007 \pm 0,290$  de cenizas, esto puede ser influenciado por factores ambientales, procesamiento y análisis, ya que el contenido de minerales en el frijol lupino es del 3 al 5 % después del proceso de desamargado (Carvajal et al., 2016).

Según Castelblanque (2016), el contenido de carbohidratos fue de 25,85 % siendo una pasta con mayor contenido de grasa y menor contenido en proteínas. Según Albornoz & Britos (2021), una pasta tradicional de trigo tiene un porcentaje de 32 % de carbohidratos por su alto contenido de almidón, elevando su índice glucémico. La pasta tipo «Spätzle» obtuvo un contenido de hidratos de carbono  $60,727 \pm 0,211$  esto se debe al contenido carbohidratos del frijol lupino que es de 22 a 33 % (Briceño et al., 2021) y al trigo. En general, la pasta tipo «Spätzle» tiene una excelente fuente de proteínas de alta calidad y menor cantidad de grasa.

### 3.1.4 Evaluación de costos

Para realizar el análisis de costo-beneficio de la elaboración de pasta de frijol lupino, se calcularon todos los costos involucrados en la producción de 1 kg de pasta, incluyendo materias primas, mano de obra, energía y otros gastos operativos.

**Tabla 17: Materia prima para la producción de 100 unidades de pasta tipo «Spätzle» (565 g C/U) \*\***

| Materia prima      | Porción (g) F5 | Costo (\$) F5 |
|--------------------|----------------|---------------|
| Harina de trigo    | 143,75         | 0,1725        |
| Frijol lupino      | 106,25         | 0,465375      |
| Leche (ml)         | 200            | 0,2           |
| Huevos<br>(unidad) | 2              | 0,3           |
| Sal                | 5              | 0,004         |
| Mantequilla        | 10             | 0,0952        |
| Total              | 565            | 1,2371        |

**Tabla 18 Mano de obra para la elaboración de la pasta**

| Mano de obra |          |       |                |     |       |
|--------------|----------|-------|----------------|-----|-------|
| Detalle      | Cantidad | Horas | Costo por hora | por | Total |
| Pasta        | 4        | 8     | \$1,79         |     | \$357 |
|              |          |       |                |     |       |

**Tabla 19: Costo de maquinarias para fabricar una pasta**

| MAQUINARIA |
|------------|
|------------|

|                                     |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Máquina de amasar IM-18             | \$3300,00         |
| Laminadora Imperia Restaurant       |                   |
| Manual                              | \$520,00          |
| Cortadora profesional PF40E - Fimar | \$1750,00         |
| Extrusora profesional La Fattorina: | \$4400,00         |
| Secadora de pasta S-300:            | \$2750,00         |
| Medidor de humedad Kett FV201       | \$610,00          |
| Empacadora al vacío                 | \$2200,00         |
| <b>Total</b>                        | <b>\$15530,00</b> |

El análisis de costo-beneficio de la producción de pasta de frijol lupino, considerando una producción de 100 unidades de pasta tipo «Spätzle» de 565 g cada una, reveló que el costo total de la materia prima fue de \$123,71, mientras que el costo de mano de obra mensual se estimó en \$357, y el costo total de las maquinarias, con una depreciación anual de \$1397,70, ascendió a \$15530. Los beneficios, asumiendo un precio de venta de \$2,5 por unidad, totalizaron \$250 por 100 unidades. El Valor Actual Neto (VAN) obtenido fue de \$2500, la Tasa Interna de Retorno (TIR) resultó ser del 18 %, y la relación Beneficio-Costo (B/C) fue de 1,2. Estos resultados demuestran que el proyecto es económicamente viable, con un VAN positivo y una TIR significativamente superior a la tasa de descuento del 10%, indicando que los beneficios netos generados superan los costos involucrados, proporcionando un retorno positivo sobre la inversión. La relación B/C de 1,2 confirma que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio de \$1,20, reafirmando la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto. Esto confirma que la incorporación de frijol lupino en la producción de pasta mejora su valor nutricional y resulta en un producto rentable y sostenible.

Para una producción de 100 unidades de 565 g de pasta tipo «Spätzle» se necesita \$19,63. Según Peñaloza Campos et al., 2019 para la elaboración de una producción de 100



paquetes de fideos de trigo de 500 g el costo es de \$12,50. Esto tiene que ver que su materia prima solo es el trigo, lo que resulta una pasta más económica a diferencia de la pasta tipo «Spätzle» que tiene sustitución parcial de harina de lupino y harina de trigo.

Según Méndez, 2022, en Ecuador hay varias marcas que producen pastas cuyos ingredientes principales son la harina de trigo y sémola de trigo, actualmente se ha incrementado en la elaboración de pastas con otros componentes sustitutos del trigo, como el arroz, maíz, quinua. Las pastas más vendidas en el mercado con harina de trigo y sémola de trigo se valoran entre \$0,61 y \$0,91, y las elaboradas con arroz, quinua y chía \$1,98 y \$2,05. La pasta elaborada por Méndez, 2022 a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol mungo y arroz, tiene un valor de venta al público de \$1,09. La pasta tipo «Spätzle» tiene un valor al público por unidad de \$3,10, además de contener un aporte proteico beneficioso para la salud y ser innovadora, el precio es accesible para los consumidores.

### **Conclusiones**

- Se obtuvieron cinco formulaciones de pasta tipo «Spätzle» con inclusión de harina de frijol lupino. La formulación con un 42,5% de harina de frijol lupino (F5) obtuvo la mayor aceptación global en la evaluación sensorial, con una calificación media de 3,5. La sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol lupino aumentó significativamente el contenido proteico de la pasta, alcanzando un 24,7%, en comparación con la pasta convencional de trigo. Esto indica que la incorporación de harinas de legumbres puede contribuir al desarrollo productos alimenticios más nutritivos. Las propiedades térmicas determinadas, como la conductividad térmica de

1,6 W/(m·°C), la densidad de 136,56 kg/m<sup>3</sup> y la capacidad calorífica específica de 1236,07 J/(kg·°C), fueron adecuadas para asegurar una cocción uniforme y eficiente de la pasta tipo «Spätzle». El análisis de costo-beneficio demostró que la producción de esta pasta es económicamente viable, con un Valor Actual Neto (VAN) de \$2500 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 18%. Estos resultados indican que el proyecto es rentable y sostenible, proporcionando un retorno positivo sobre la inversión.

### **Recomendaciones**

- Continuar optimizando las formulaciones para mejorar las propiedades sensoriales y nutricionales. Esto podría incluir el ajuste de las proporciones de harina de frijol lupino y la inclusión de otros aderezos o ingredientes que mejoren el sabor y la textura de la pasta.
- Explorar la diversificación de diferentes tipos de harinas y aditivos para equilibrar el perfil nutricional y la aceptación del producto.
- Realizar más investigaciones comparativas con otras pastas enriquecidas para identificar nuevas oportunidades de mejora y diferenciación en el mercado.

## Bibliografía

- Albornoz, M., & Britos, S. (2021). ¿Cómo comen los argentinos? Consumos, brechas y calidad de dieta. CEPEA Centro de Estudios sobre Políticas y Economía de Alimentación. <http://www.femeba.org.ar/documentos/download/5922-como-comen-los-argentinos-albornoz-britos.pdf>
- Alomaliza Chasi, J. M. (2021, agosto 12). Leguminosas como sustituto del trigo en la industria de las pastas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15540>
- Angelakis, A. N., Valipour, M., Dietrich, J., Voudouris, K., Kumar, R., Salgot, M., ... & Tsoutsos, T. (2022). Sustainable and regenerative development of water mills as an example of agricultural technologies for small farms. *Water*, 14(10), 1621.
- Azuola, R., & Vargas, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido. *Tecnología en Marcha*, 20(4), 30-40.
- Berrazaga, I., Bourlieu-Lacanal, C., Laleg, K., Jardin, J., Briard-Bion, V., Dupont, D., et al. (2020). Effect of protein aggregation in wheat-legume mixed pasta diets on their in vitro digestion kinetics in comparison to “rapid” and “slow” animal proteins. *PLoS ONE*, 15(5), e0232425. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232425>

- Briceño-Berru, L., Glorio-Paulet, P., Basso, C., Scarafoni, A., Camarena, F., Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2021). Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76, 98–104. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00880-0>
- Bowden, B. (2022). Crops and the Shaping of Civilizations. In *Slavery, Freedom and Business Endeavor: The Reforging of Western Civilization and the Transformation of Everyday Life* (pp. 55-71). Cham: Springer International Publishing.
- Buenrostro Rodríguez, J. F., Covarrubias Prieto, J., Solís Moya, E., Ledesma Ramirez, L., González Figueroa, S. S., Mandujano Bueno, A., Cisneros López, H. C., & Gámez Vázquez, A. J. (2023). Efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento, clorofila y biomasa en trigo. *Rev. Fitotec. Mex.*, 46(3), 245-253.
- Cappelli, A., & Cini, E. (2021). Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: A systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. *Sustainability*, 13(5), 2608.
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454–1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>

Castelblanque Yuste, E. M. (2016). Propiedades reológicas y térmicas de pasta fresca a base de harina de chufa y goma xantana. Universitat Politècnica de València. Escola Tècnica Superior D'Enginyeria Agronòmica I Del Medi Natural.

Castillo Martínez, A. C., Montes García, N., Velázquez de la Cruz, G., Téllez Luis, S. J., Jiménez Andrade, J. M., & Castillo Ruíz, O. (2016). Evaluación sensorial de una pasta elaborada con harina de sorgo (*Sorghum bicolor*: (L) Moench: RB-Paloma) y transglutaminasa microbiana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.

Chiozzi, V., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. (2022). Advances, Applications, and Comparison of Thermal (Pasteurization, Sterilization, and Aseptic Packaging) against Non-Thermal (Ultrasounds, UV Radiation, Ozonation, High Hydrostatic Pressure) Technologies in Food Processing. *Applied Sciences*, 12(4), 2202. <https://doi.org/10.3390/app12042202>

Chávez García, F. L. (2020). Desarrollo de pastas alimenticias a partir de harina de trigo nacional (*Triticum Vulgare*) variedad Cojitambo. Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

de Sousa, T., Ribeiro, M., Sabença, C., & Igrejas, G. (2021). The 10,000-year success story of wheat!. *Foods*, 10(9), 2124.

- Erenstein, O., Jaleta, M., Mottaleb, K. A., Sonder, K., Donovan, J., & Braun, H. J. (2022). Global trends in wheat production, consumption and trade. In *Wheat improvement: food security in a changing climate* (pp. 47-66). Cham: Springer International Publishing.
- Fardet, A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre? *Nutrition Research Reviews*, 23(1), 65-134. doi:10.1017/S0954422410000041
- Fišteš, A. (2021). The evolution of milling process. *Cereal-based foodstuffs: The backbone of Mediterranean cuisine*, 19-45.
- García Ahued, M. (2014). Análisis sensorial de alimentos. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 2(3). <https://doi.org/10.29057/icbi.v2i3.533>
- Gilissen, L. J., & Smulders, M. J. (2021). Gluten quantity and quality in wheat and in wheat-derived products. In *Biotechnological Strategies for the Treatment of Gluten Intolerance* (pp. 97-129). Academic Press.
- Guato, F. P. (2012). Comparación de las mezclas de harina de trigo (*Triticum spp*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) en la evaluación sensorial de pastas. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos Carrera de Ingeniería en Alimentos.

Guerrero Navarrete, A. (2019). Diseño de tenedor para plato fuerte. Instituto Tecnológico de Celaya, México.

Gutiérrez, F., Arias, S., & Cardona, F. (2019). Cavitación hidrodinámica: un enfoque desde la ingeniería y la agroindustria. *Scientia et Technica*, 24(2), 283-304.

Hala Roumia, Z. K. (2023). Ancient Wheats—A Nutritional and Sensory Analysis Review. *MDPI Quality of Grains and Grain-Based Foods*.

Innova Business Consulting. (s.f.). Tarwi o Chocho un alimento completo. Recuperado de Innova Business Consulting.

Ipatia, R. M. (2023). Evaluación de alcaloides de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) para el control de antracnosis (*Colletotrichum* sp.) en chocho, en condiciones de laboratorio. Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11532>.

Norma Técnica Ecuatoriana. (1981). HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE LA PROTEINA. NTE INEN 0519.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2012). HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DE LA CENIZA. NTE INEN 520.

Javier S. Córdova-Ramos, P. G.-P. (2020). Efecto del proceso tecnológico sobre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales del lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) andino. *Scientia Agropecuaria*.

Kamble, D. B., Singh, R., & Rani, S. (2019). Physicochemical properties, in vitro digestibility and structural attributes of okara-enriched functional pasta. *Journal of Food Process and Preservation*, 43(1), e14045. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14045>

Kumar, N., Chhokar, R. S., Meena, R. P., Kharub, A. S., Gill, S. C., Tripathi, S. C., & Singh, G. P. (2021). Challenges and opportunities in productivity and sustainability of rice cultivation system: a critical review in Indian perspective. *Cereal research communications*, 1-29.

Lădaru, G. R., Siminică, M., Diaconeasa, M. C., Ilie, D. M., Dobrotă, C. E., & Motofeanu, M. (2021). Influencing factors and social media reflections of bakery products consumption in Romania. *Sustainability*, 13(6), 3411.

Mateo Ponce, D. N. (2018). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la producción de pasta larga. Universidad San Francisco de Quito - USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías.



Mwape, M. C., Parmar, A., Romano, F., Azouma, Y. O., Emmambux, N. M., & Hensel, O. (2023). Determinación y modelado de propiedades térmicas y proximales de puré de yuca deshidratado (*Manihot esculenta* Crantz) y Gari (puré de yuca gelatinizado) procesado habitualmente (in situ) en Togo. *Energías*, 16(19), 6836. <https://doi.org/10.3390/en16196836>

Padhy, A. K., Kaur, P., Singh, S., Kashyap, L., & Sharma, A. (2024). Colored wheat and derived products: key to global nutritional security. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(7), 1894-1910.

Parenti, O., Guerrini, L., Mompin, S. B., Toldrà, M., & Zanoni, B. (2021). The determination of bread dough readiness during kneading of wheat flour: A review of the available methods. *Journal of Food Engineering*, 309, 110692.

Pérez, R. (2020). La industria harinera en el Ecuador y el posible uso de la harina a base del bagazo de cerveza como producto sustituto. *Revista Conectividad Instituto Superior Universitario Rumiñahui*.

Peñaloza Campos, J., Rosales Balbín, S. M., & Tiza Huayta, A. J. (2019). Determinación de los costos de producción y fijación de precios de venta de fideos fortificados en Lima-Perú, 2019. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Industrial.

Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2018). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la producción de pasta larga. Universidad San Francisco de Quito - USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías.

Prakash, S. D., Rivera, J., & Siliveru, K. (2024). Unit operations in wheat processing. In *Unit Operations in Food Grain Processing* (pp. 289-329). Academic Press.

Ramírez, A., Ortiz, L., Hidalgo, L., & Graziani, L. (2012). Caracterización de pastas alimenticias elaboradas artesanalmente con harina compuesta de trigo y frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). *Facultad de Agronomía UCV*, 38(1), 18-24.

Ramón, A. N. V. G. (2023). Harinas de lupino blanco (*Lupinus albus*) y andino (*L. mutabilis*) aptas para consumo: características físico-químicas y funcionales. Scielo.

Ríos, C.A., & Palmera, L. (2024). Historical, cultural, and social significance of ancient hydraulic wheat mills: A multidisciplinary approach in the municipality of Matanza (Colombia). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 56, 104534.

Ríos Madril, M. I. (2023). Evaluación de alcaloides de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) para el control de antracnosis (*Colletotrichum* sp.) en chocho, en condiciones de laboratorio. Latacunga, Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11532>.

Saltos, H. A. (2010). *Sensometria: Análisis en el desarrollo de alimentos procesados*. Editorial Pedagógica Freire.

Sanca, D.Q. (2015). *Composición nutricional de diez genotipos de lupino (L. mutabilis y L. albus) desamargados por proceso acuoso*. Universidad Nacional Agraria La Molina Escuela de Posgrado Maestría en Tecnología de Alimentos.

Sarkar, A., & Fu, B. X. (2022). Impact of quality improvement and milling innovations on durum wheat and end products. *Foods*, 11(12), 1796.

Suca, G. R., & Suca, C. A. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química*, 18(2), 55-71. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11791>.

Velázquez, M. (2019). *Estandarización de la cocción y deshidratación de legumbres para la obtención de harinas para suplementos*. Tesis de licenciatura. UNAM.

Verde, T., & Barr, N. (2013). El sinuoso camino de la pasta hacia occidente. *Aramco World*, enero-febrero 2013. <https://archive.aramcoworld.com/es/issue/201301/pasta.s.winding.way.west.htm>

Villacrés, E., Álvarez, J., & Rosell, C. (2020). Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2166–2175.

Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97, 159-178.

Wang, X., Chen, Y., Li, R., Zhang, L., & Liu, Y. (2021). Thermal analysis of cooked pasta using infrared thermometry. *Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 2835-2844. <https://doi.org/10.1007/s11483-021-01263-0>

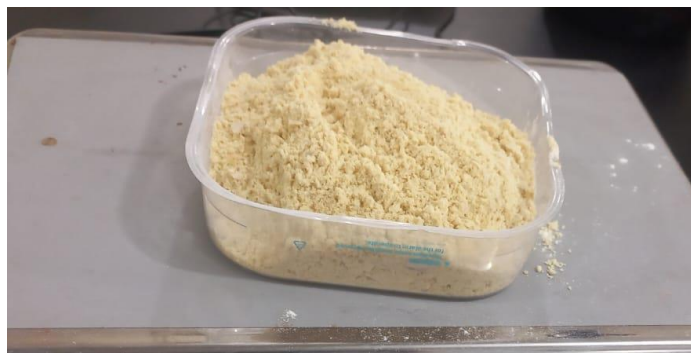
## ANEXOS



**Anexo 1 Secado del chocho ya desamargado**



**Anexo 2 Grano triturado**



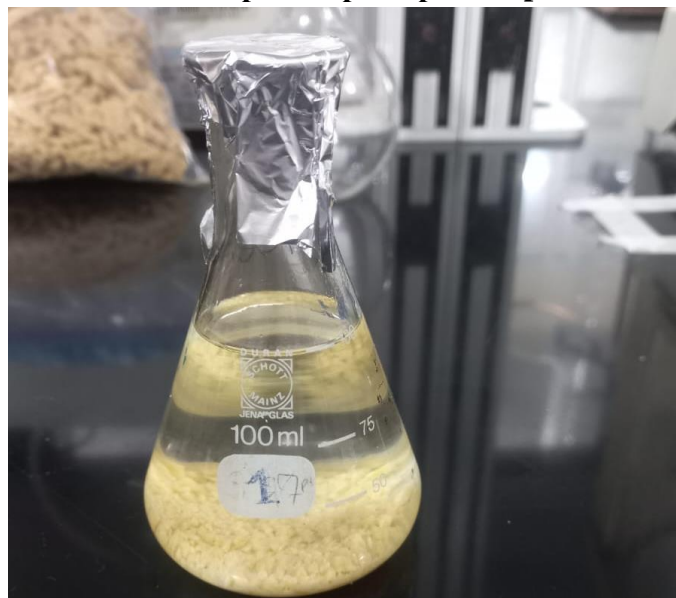
**Anexo 3 Harina de chocho**



**Anexo 3 Secado de la pasta tipo “Spatzle”**



**Anexo Las 5 formulaciones de la pasta tipo “Spatzle” para la evaluación sensorial**



## Anexos 6 La muestra con el solvente



## Anexo 7 Muestra de aceite de la pasta tipo "Spatzle"



## Anexo 8 Determinación de humedad de la muestra en la termobalanza

|                                | Muestra | Media |
|--------------------------------|---------|-------|
| Color                          | 543     | 3,400 |
| Uniformidad del tamaño y forma | 213     | 3,400 |
| Ternura                        | 456     | 3,333 |
|                                | 567     | 3,333 |
| Elasticidad                    | 213     | 4,033 |
| Sabor                          | 543     | 3,700 |
| Intensidad del sabor           | 213     | 3,200 |
|                                | 543     | 3,200 |
| Balance de sabores             | 213     | 2,933 |
| Intensidad del aroma           | 213     | 3,433 |
| Atractivo del aroma            | 543     | 3,400 |
| Aceptación global              | 543     | 3,567 |

**Anexo 9 Media de la evaluación sensorial**