



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIAS MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

#### MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

**Elaboración de noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria con mención Tecnología de Alimentos

**Autora:**

Guerrero Paramo Jennifer Viviana

**Tutora:**

Villacrés Poveda Clara Elena, PhD.

**Cotutora:**

Morales Padilla María Monserrath, MSc.

**LATACUNGA-ECUADOR**

**2023**

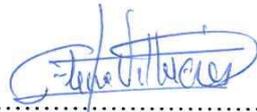
## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Elaboración noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.” presentado por Guerrero Paramo Jennifer Viviana para optar por el título Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

### CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, noviembre, 15, 2023



.....  
PhD. Clara Elena Villacrés Poveda

CC. 1801504422

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación: “Elaboración de noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 15, 2023

  
.....  
Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.  
CC. 0503352122  
Presidente del tribunal

  
.....  
Ing. Zonia Eliana Zambrano Ochoa, Mg.  
CC. 0501773931  
Lector 2

  
.....  
Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.  
CC. 0502270937  
Lector 3

## **DEDICATORIA**

Este gran logro dedico principalmente a Dios, ya que con su bendición he logrado alcanzar este objetivo en mi vida. A mis padres que con su esfuerzo y amor me han motivado a ser perseverante en lo que me proponga, por ser esa parte fundamental y mi motor para seguir día con día, por ser parte fundamental de este gran logro en mi vida, así como también. A mis abuelitos que gracias a sus consejos y su inmenso amor me ha llenado de esperanza y fortaleza para convertirme en una gran profesional.

**JENNIFER**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por cuidarme, bendecirme, y darme mucha sabiduría durante cada paso de mi vida. A mis padres, por su sacrificio, por su apoyo y por su amor incondicional que ha sido el motivo más fuerte para hoy llegar a cumplir una más de mis metas. A mi enamorado por su confianza y motivación por todos sus consejos. A mis docentes ya que nos han brindado sus conocimientos referentes a mi carrera universitaria. Finalmente, a la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que me ha brindado la oportunidad de formarme profesionalmente. Así como también al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias por impartir sus conocimientos y contribuir a mi formación académica

**JENNIFER**

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, noviembre, 15, 2023



.....  
Jennifer Viviana Guerrero Paramo Ing.

CC. 1750298521

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, noviembre, 15, 2023



.....  
Jennifer Viviana Guerrero Paramo

CC. 1750298521

## **AVAL DEL PRESIDENTE**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Elaboración de noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, noviembre,15, 2023



Mg. Nancy Fabiola Moreano Terán

CC. 0503352122

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA**  
**DE ALIMENTOS**

**Título:** Elaboración de noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.

**Autor:** Guerrero Paramo Jennifer Viviana.

**Tutor:** Villacrés Poveda Clara Elena, PhD.

**RESUMEN**

Los noodles en la actualidad son productos de alto consumo, que comúnmente se elaboran con harina de trigo (*Triticum durum*), sin embargo, por el contenido de gluten en su composición puede afectar a parte de los consumidores, es por eso que se plantea una alternativa de incorporar en la formulación de noodles almidón de productos vegetales mismos que son libres de gluten. La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias con el objetivo de evaluar los efectos de la sustitución de la harina de trigo por cuatro concentraciones (25%,50%,75%, 100%) de dos variedades de almidón modificado de *Arracacia xanthorrhiza* en la calidad de los noodles. El estudio experimental inicio con la caracterización de almidones de *Arracacia xanthorrhiza* y harina de trigo, mediante análisis físicos y químicos como la acidez, humedad, cenizas, grasa, fibra y proteína, se determinó el contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones en estado nativo y modificados. Se utilizó la metodología de un diseño completamente al azar con arreglo factorial para analizar los efectos en la calidad física, química, microbiológica, propiedades de fracturabilidad, viscosidad, gomosidad y se llevó a cabo un análisis sensorial. Los resultados mostraron que el tratamiento óptimo con bajo contenido de gluten en los noodles fue el tratamiento t4 y t8 con 100% almidón de variedades ECU 18963 y ECU 18989, mientras que el t7 obtuvo las mejores valoraciones con respecto al olor, sabor, regusto y firmeza. Finalmente, no existió la presencia de agentes patógenos en los tratamientos elaborados.

**PALABRAS CLAVE:** noodles, almidón, gluten, proteína.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA**  
**DE ALIMENTOS**

**Title:** Preparation of modified white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) starch noodles with low gluten content.

**Author:** Guerrero Paramo Jennifer Viviana.

**Tutor:** Villacrés Poveda Clara Elena, PhD.

**ABSTRACT**

Noodles are currently high consumption products, which are commonly made with wheat flour (*Triticum durum*), since it is one of the three most cultivated and produced grains worldwide, however, the gluten content in its composition can affect the health of consumers and that is why it is a great challenge for the industry to produce low-gluten foods that meet the necessary nutritional levels. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effect of replacing wheat flour with modified starch from two ecotypes of *Arracacia xanthorrhiza* at concentrations of 25, 50, 75 and 100 % on the quality of noodles. For this purpose, 100% wheat flour was used as an absolute control. The experimental study began with the bromatological characterization of *A. xanthorrhiza* starches and wheat flour. The results were analyzed in a completely randomized design and showed that noodles made with starch from two ecotypes of *A. xanthorrhiza* (18963 and 18989) presented absence of gluten, good physicochemical characteristics and a good level of sensory acceptability.

**KEYWORD:** starch, gluten, nutritional, protein.

Maza Zhuma Jennifer Brigitte cédula de identidad número:1726652751 Licenciada en: Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1031-2019-2063586; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Preparation of modified white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) starch noodles with low gluten content de: Jennifer Viviana Guerrero Paramo, aspirante a magister en Agroindustria mención tecnología de Alimentos

Latacunga, Octubre, 24, 2023

  
.....  
Maza Zhuma Jennifer Brigitte  
CC. 1726652751

## Índice de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	2
2.1	Modalidad de la investigación .....	2
2.2	Tipo de investigación .....	2
2.3	Población y muestra .....	3
2.4	Materiales, equipos y reactivos .....	3
2.5	Preparación del almidón.....	4
2.6	Preparación de noodles de <i>A. xanthorrhiza</i> .....	5
2.7	Análisis bromatológico de los almidones de <i>A. xanthorrhiza</i> , harina de trigo y noodles preparados con las mezclas .....	6
2.8	Determinación de acidez titulable y pH .....	11
2.9	Determinación de almidón total, amilosa y amilopectina.....	12
2.10	Determinación de los componentes de la textura de noodles .....	13
2.11	Determinación de gluten húmedo .....	14
2.12	Análisis microbiológico .....	14
2.13	Análisis sensorial .....	15
2.14	Análisis estadístico.....	16
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
3.1	Composición proximal de las materias primas .....	17
3.2	Propiedades físico químicas de los almidones de <i>A. xanthorrhiza</i> en estado nativo .....	19
3.3	Contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones nativos y modificados de <i>A. xanthorrhiza</i> . .....	19
3.4	Características físico químicas de noodles elaborados con diferentes niveles de sustitución de <i>A. xanthorrhiza</i> .....	21

3.5	Componentes de fracturabilidad, adhesividad y gomosidad de los noodles elaborados con harinas sustituidas con almidón <i>A. xanthorrhiza</i> .	23
3.6	Análisis del perfil sensorial de noodles elaborados con distintos niveles de harinas sustituidas con almidón de <i>A. xanthorrhiza</i> .	25
3.7	Análisis microbiológicos de noodles elaborados con harinas sustituidas con almidón de <i>A. xanthorrhiza</i> .	26
4.	CONCLUSIONES	27
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
6.	ANEXOS	36
A)	Envío de artículo a la revista	36
B)	Artículo	37
C.	Elaboración de Noodles	60
D.	Análisis estadístico de los noodles	61

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Materiales, equipos y reactivos	3
<b>Tabla 2.</b>	Descriptores aplicados	16
<b>Tabla 3.</b>	Nivel de incorporación de almidón de <i>A. xanthorrhiza</i> .	17
<b>Tabla 4.</b>	Composición proximal de los almidones de <i>A. xanthorrhiza</i> en estado nativo.	18
<b>Tabla 5.</b>	Propiedades físico químicas de los almidones de <i>A. xanthorrhiza</i> , en estado nativo.	19
<b>Tabla 6.</b>	Contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones nativos y modificados de <i>A. xanthorrhiza</i> .	21
<b>Tabla 7.</b>	Características físico químicas de noodles con sustitución parcial de almidón <i>A. xanthorrhiza</i> .	21
<b>Tabla 8.</b>	Componentes de la textura de noodles elaborados con sustitución parcial de almidón <i>A. xanthorrhiza</i> .	23
<b>Tabla 9.</b>	Recuento microbiológico de noodles elaborados con sustitución parcial de almidón de <i>A. xanthorrhiza</i> .	27

## **Índice de Ilustraciones**

**Ilustración 1.** Diagrama de flujo para la elaboración de noodles.....5

## **Índice de Figuras**

**Figura 1.** Análisis del perfil sensorial de noodles elaborados con distintos niveles de harinas sustituidas con almidón de A. xanthoriza.....25

## **INFORMACIÓN GENERAL:**

**Título del trabajo de titulación:** Elaboración de noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.

**Línea de Investigación:** Proceso tecnológico bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

**Proyecto de investigación asociado:** Manejo de cosecha y poscosecha de productos agrícolas y estudio en los procesos de transformación de residuos agrícolas.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), históricamente es uno de los cultivos más antiguos y cuya domesticación precedió de la papa. Forma parte del grupo de los llamados tubérculos andinos como el camote, mashua, melloco y la oca (Cobo et al., 2018). Así pues, es un tubérculo que se cultiva en las cordilleras andinas de América del Sur y América central, anualmente se cultivan aproximadamente unas 30.000 hectáreas, siendo Brasil el país que comercializa un volumen de 90.000 toneladas al año. En el Ecuador este cultivo se concentra en la región de San José de Minas representando la zona más importante de abastecimiento de esta raíz andina. Mientras que, en otras localidades como la provincia de Cotopaxi, la producción está destinada al consumo local debido a industrias establecidas que se dedican a la producción de brócoli, haciendo que la producción de este tubérculo sea escaso. (Higuera & Prado, 2013)

*A.xanthorrhiza* se caracteriza por su sabor agradable, alto contenido de calcio, vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo, además presenta altos contenidos de carbohidratos, lo cual favorece su utilización en la elaboración de alimentos calóricos. (Moposita et al., 2023). Siendo que el almidón de zanahoria blanca preserva las características nutricionales de las raíces, puede ser utilizada como sustituto de otras harinas. La zanahoria blanca tiene un gran potencial para ser usada en múltiples preparaciones. No obstante, hasta el momento no existe en el país una industria dedicada a la explotación de esta raíz como fuente de harina o almidón. (Gusque, 2022)

En la actualidad, la industria de pastas (fideos) alimenticias tiene un buen desarrollo en temas de consumo por la sociedad, por lo cual se busca determinar materia prima nueva para su posterior industrialización, al desarrollar técnicas y métodos de obtención de pasta para un adecuado consumo (Moposita et al., 2023). Es así que los consumidores han redescubierto las ventajas tradicionales de la pasta como son su larga vida útil, su bajo costo, versatilidad y diversidad de preparación. Los productos libres de gluten plantean desafíos tecnológicos para la industria alimentaria, ya que el gluten proporciona propiedades viscoelásticas que son cruciales para las propiedades de textura del pan y la pasta. (Rodríguez et al., Effects of transglutaminase on the proximal and Effects of transglutaminase on the proximal and and quinoa, 2018). El desarrollo de nuevos productos en la industria alimentaria permite crear e innovar en alimentos con el propósito de que tanto intolerantes al gluten como celíacos pueden consumir este tipo de productos. Es importante recalcar que no solo las personas celíacas deben llevar una dieta sin gluten. (Blandón, 2019)

Con lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio es evaluar los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo, por cuatro concentraciones de almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y determinar la calidad de los noodles.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Modalidad de la investigación**

La investigación es de carácter cualitativo y cuantitativo debido a que se va analizar la relación causa-efecto de los noodles elaborados con almidón de *A. xanthorrhiza*.

### **2.2 Tipo de investigación**

En el presente trabajo se empleó una investigación experimental efectuada en campo debido a que se manipularon variables para medir su efecto sobre otras variables bajo condiciones controladas en el Laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP.

### 2.3 Población y muestra

El colectivo de estudios estuvo formado por dos variedades de almidón de zanahoria blanca (ECU 18963 y ECU18989) y Harina de trigo comercial obtenidas del laboratorio de nutrición y calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).

Para efectuar el análisis de las muestras se utilizó 1 kg de cada ecotipo de almidón de *Arracacia xanthorrhiza* y 1 kg de harina de trigo de origen comercial

### 2.4 Materiales, equipos y reactivos

#### 2.4.1 Material vegetal

Los almidones de *A. xanthorrhiza* se obtuvieron en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), a partir de los ecotipos ECU 18963 y ECU 18989 y harina de trigo de origen comercial.

#### 2.4.2 Materiales, equipos y reactivos

**Tabla 1.**

*Materiales, equipos y reactivos*

<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Recipientes plásticos</li><li>▪ Cucharas</li><li>▪ Cuchillos</li><li>▪ Rodillo</li><li>▪ Guantes</li><li>▪ Mascarilla</li><li>▪ Etiquetas</li><li>▪ Bandejas de acero inoxidable</li><li>▪ Fundas celofán y ziploc</li><li>▪ Lava</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Hidróxido de sodio</li><li>▪ Agua destilada</li><li>▪ Ácido clorhídrico 0,1 N</li><li>▪ Fenoftaleína</li><li>▪ Ácido bórico 2%</li><li>▪ Catalizador de proteína</li><li>▪ Ácido sulfúrico 7/1000</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Balanza digital</li><li>▪ Balanza analítica</li><li>▪ Cocina industrial</li><li>▪ Secador de aire forzado</li><li>▪ Laminador y cortador de pasta MARCATO ATLAS 150</li><li>▪ Estufa</li><li>▪ Mufla</li><li>▪ Baño maría</li><li>▪ Homogeneizador vórtex</li><li>▪ Fotómetro</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Crisoles</li> <li>▪ Espátula</li> <li>▪ Vasos de precipitación</li> <li>▪ Balones volumétricos</li> <li>▪ Papel absorbente</li> <li>▪ Algodón</li> <li>▪ Lana de vidrio</li> <li>▪ Pipetas volumétricas 17</li> <li>▪ Tubos de ensayo</li> <li>▪ Gradilla</li> <li>▪ Erlenmeyers</li> <li>▪ Matraces aforados</li> <li>▪ Titulador</li> <li>▪ pH- metro Inolab</li> <li>▪ Soxhlet 2043</li> <li>▪ Desecador</li> <li>▪ Pinza metálica</li> <li>▪ Caja petri</li> <li>▪ Cronómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alcohol isoamílico</li> <li>▪ Hexano</li> <li>▪ Glucosa</li> <li>▪ Antrona</li> <li>▪ Alcohol al 80%</li> <li>▪ Acetona</li> <li>▪ Sulfato de sodio anhidro</li> <li>▪ Tampón acetato de sodio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pH- metro Inolab</li> <li>▪ Soxhlet 2043</li> <li>▪ Desecador</li> <li>▪ Cocina industrial</li> <li>▪ Ollas de acero inoxidable</li> <li>▪ Digestor de proteína ESCO EFB 4A9</li> </ul>
---	--	--

## 2.5 Preparación del almidón

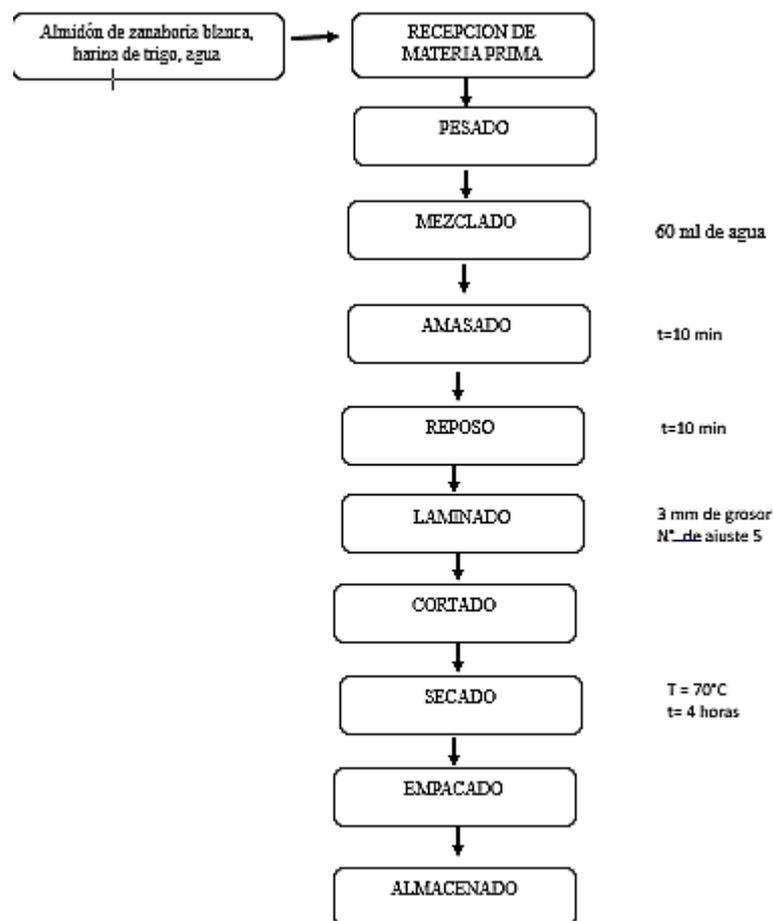
Previo a la elaboración de los noodles en este estudio, se realizó la modificación del almidón de *A. xanthorrhiza*, a través de la pre-cocción del almidón en microondas (marca LG, 30s, 1000 watts de potencia), se tomaron muestras de 25 , 50 , 75 y 100 g de almidón, a continuación, se hidrataron con 30 % de agua. Las muestras se introdujeron en un horno microondas a una potencia de 1000 W en un ciclo de 30 s cada una (Yılmaz & Tugru, 2023).

## 2.6 Preparación de noodles de *A. xanthorrhiza*

Los noodles se elaboraron a partir de la mezcla de harina de trigo con almidón de *A. xanthorrhiza* modificado en concentraciones de 25, 50, 75 y 100 % (Tabla I), a cada mezcla se añadió 60 ml de agua y se homogenizó hasta obtener una masa homogénea. El control se preparó con harina de trigo 100 % y 60 ml de agua. La masa se laminó a 3 mm de espesor y se troqueló en forma de fideos de pasta larga a través de una máquina de marca Marcato. El secado se realizó a 70 °C en una estufa Memmer durante 4 horas hasta alcanzar 10 % de humedad. Los noodles se empaclaron en fundas de polietileno que fueron selladas herméticamente (Ponce et al., 2018).

### Ilustración 1.

*Diagrama de flujo para la elaboración de noodles*



## **2.7 Análisis bromatológico de los almidones de *A. xanthorrhiza*, harina de trigo y noodles preparados con las mezclas**

### **2.7.1 Humedad**

La determinación de humedad es importante para conocer la proporción en que se encuentran los nutrientes y nos indica estabilidad de los alimentos. Además, nos sirve para determinar las condiciones de almacenamiento. Para llevar a cabo este análisis se realizó una adaptación de la normativa (NTE-INEN 518, 1980) y (NTC 282 , 1986)

#### **Procedimiento:**

- Se lavaron las cápsulas con agua destilada.
- Se pesó 2 gramos de muestra en las cápsulas.
- Se llevó a la estufa de 105 °C por 12 horas.
- Se secó las cápsulas en el desecador hasta que esté frío y se pesó.

Cálculo:

$$SS(\%) = \{(m_2 - m) / (m_1 - m)\} * 100 \text{ (Ecu. 1)}$$

donde,

- SS= sustancia seca en porcentaje en masa.
- m= masa de la cápsula en g
- m1= masa de la cápsula con la muestra en g
- m2= masa de la cápsula con la muestra después del calentamiento en g

$$\% \text{ HUMEDAD} = 100 - \%SS \text{ (Ecu.2)}$$

### **2.7.2 Cenizas**

En base a la metodología establecida por la normativa (NTE-INEN 520:2012, 2012), se determinó el contenido de cenizas las cuales están formadas por el residuo orgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado.

#### **Procedimiento:**

- Se pesó 2 gramos de muestra en un crisol.

- Se colocó en una mufla a 600° C y se mantuvo a esta temperatura por 12 horas, hasta que la ceniza adquiriera un color blanco o grisáceo.
- Se transfirió el crisol a un desecador, se enfrió y se pesó.

$$\text{Cálculo \%C} = \{(m1 - m)/(m2 - m)\} * 100 \text{ (Ecu. 3)}$$

donde,

- %C = contenido de cenizas en porcentaje de masa
- m = masa de la cápsula vacía en g
- m1 = masa de la cápsula con la muestra después de la incineración en g
- m2 = masa de la cápsula con muestra antes de la incineración en g

### 2.7.3 Cuantificación de fibra cruda

La cuantificación de fibra cruda se determinó en función de la normativa (NTE-INEN 522, 1980).

Procedimiento:

- Se pesó 2g de muestra en un vaso de 600 ml, se añadió 200 ml de ácido sulfúrico al 0.7 por mil y 1 ml de alcohol isoamílico. Se digirió por 30 minutos y se agregó 20 ml de NaOH al 22%, 1 ml de alcohol isoamílico y se digirió por 30 minutos, disminuyendo la temperatura.
- Se recogió la fibra en el crisol filtrante previamente lavado en cuya base se ha depositado una capa de lana de vidrio hasta la mitad del crisol aproximadamente. Se lavó con agua destilada caliente y 20 ml de hexano.
- Se secó en una estufa a 105°C, por 8 horas, se retiró en un desecador, se enfrió y se pesó.
- Se calcinó en una mufla por 4 horas a 600°C, se retiró en un desecador, se enfrió y se pesó.

Cálculos:

$$FC = \frac{Pcf - PCC}{Pm} * 100 \text{ (Ecu.4)}$$

Donde:

Fc: Porcentaje de fibra cruda

Pcf: Peso de crisol secado a 105°C

Pcc: Peso de crisol después de la incineración

Pm: Peso de la muestra

#### **2.7.4 Cuantificación de proteínas por Kjendahl**

Para llevar a cabo este análisis se basó en la norma ( NTE-INEN 519, 1980), donde la materia orgánica es digerida por la acción del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, convirtiéndose en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, además reduce el nitrógeno a amonio, el cual pasa a ser fijado con el ácido como sulfato de amonio, una sal de gran estabilidad. La reducción del material nitrogenado hasta amonio se debe a que parte del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es simultáneamente reducido a SO<sub>2</sub>, que se comporta como un fuerte reductor.

Procedimiento:

1.- Digestión:

- Se prendió el sistema de bloque digestor y se calentó a 90°C
- Se pesó 0,15 g de muestra
- Se adicionó en el tubo la mezcla de catalizador (1g).
- Se agregó 2,5 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en cada tubo.
- Se digirió durante 60 minutos aproximadamente hasta que tome un color azul-verde claro.
- Se apagó el bloque digestor, se removió el tubo y se dejó enfriar por 10 minutos.

2.- Destilación:

- Se enfrió el balón y su contenido, se adicionó 7 ml de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica.
- Se cerró la llave y se agregó 10 ml de NaOH al 30% se abrió la llave y pasó lentamente al balón de destilación, después se vertió la muestra y se cerró la llave.
- Se recibió el destilado en un Erlenmeyer conteniendo 10ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4% y 4 gotas del indicador de proteína (rojo de metilo y verde de

bromocresol). El tubo de salida del destilador debe estar sumergido en el vaso que contiene los reactivos.

- Se destiló hasta obtener 50ml aproximadamente de destilado.

### 3.-Titulación

- Se llenó la pipeta volumétrica con ácido clorhídrico al 0,1N
- Se colocó en la parte inferior de la pipeta el Erlenmeyer que lleva la muestra y se fue abriendo poco a poco la llave de paso hasta que la muestra tome un color rosa.
- Se anotó los ml consumidos de ácido clorhídrico en la titulación.

Cálculo:

$$\%P: (V * N * f * 0.014 / m) * 100 \text{ (Ecu.5)}$$

donde,

%P = contenido de proteína en porcentaje de masa

f = factor para transformar el %N2 en proteína, y que es específico para cada alimento.

V = volumen de HCl empleado para titular la muestra en ml

N = normalidad del HCl (N1)

m= masa de la muestra analizada.

#### 2.7.5 Grasas

Para determinar el contenido de grasa se siguió la metodología establecida en la normativa (NTE-INEN 523, 1980), en el que el solvente utilizado se condensa continuamente, extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto es recogido en una copa de aluminio que al completar el proceso se destila y se recoge en otro recipiente. El extracto que queda en la copa de aluminio se seca y pesa.

Procedimiento:

- Se lavó las copas de aluminio y se llevó a una estufa a 105°C por 2 horas, se retiró las copas en un desecador, se enfrió y se añadió 80ml de hexano.

- Se pesó 2g de muestra, se colocó en un dedal limpio y se tapó con algodón.
- Se depositó el dedal con la muestra en el equipo Soxlet 2043, se puso en las condiciones del equipo a 130°C, 10 minutos en extracción, 30 minutos de lavado de la muestra, 10 minutos de recuperación de solvente.
- Se abrió el agua para el refrigerante; se extrajo la grasa por 1 hora, se retiró el dedal con la muestra del vaso de reciclaje y se recuperó el solvente.
- Se secó las copas de aluminio con los residuos en una estufa a 105°C por 2 horas, se retiró las copas de la estufa en un desecador, se enfrió y se pesó.

**Cálculo:**

$$\%EE = \frac{Phr-Ph}{Pm} * 100 \text{ (Ecu.6)}$$

**Donde:**

EE= porcentaje de extracto etéreo

Ph= peso copa de aluminio

Phr= peso de la copa más el residuo

Pm= peso de la muestra

**2.7.8 Carbohidratos totales**

Dentro de estos conceptos se agrupan todos los nutrientes evaluados en el análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, debido a que se obtiene como resultante de restar 100 los porcentajes calculados para cada nutriente.

**Cálculo:**

$$ELN = 100 - (\%C + \%F + \%P + \%EE) \text{ (Ecu. 7)}$$

- ELN = Extracto libre no nitrogenado
- C = cenizas
- F = fibra cruda
- P = proteínas
- EE = extracto etéreo (grasas)

## 2.8 Determinación de acidez titulable y pH

### 2.8.1 Determinación de acidez titulable

La acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido presente, se tomó en cuenta la metodología establecida en (NTE-INEN 521, 1980):

Procedimiento:

- Se colocó 1g de muestra de harina en un vaso de precipitación con 20 ml de agua destilada.
- Se agitó por unos 10 minutos hasta conseguir una solución homogénea.
- Se llevó la mezcla a baño maría a 40°C por 30 minutos.
- Se transfirió 10ml a un matraz Erlenmeyer y se añadió 4 gotas de solución fenolftaleína como indicador.
- Posteriormente se tituló la muestra con NaOH (0,1N) hasta que se produzca una coloración rosa
- Se anotó los ml consumidos de NaOH

Cálculo

$$\%acidez = V_{NaOH} * N * Meq. \acute{a}cido x * 100$$

- V NaOH = volumen de hidróxido de sodio utilizado para la titulación
- N = normalidad del hidróxido de sodio
- M eq. ácido x = 0.049 factor de la acidez para harinas en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- V = volumen total

### 2.8.2 Determinación de pH

- El pH es medido con el equipo Inolab. El valor del pH es una medida de la acidez. (Gusque, 2022)

Procedimiento:

- Se encendió el pHmetro y se verificó que el iodo esté en buen estado.
- Se tomó en un vaso de precipitación 2g de muestra de almidón de zanahoria blanca diluida en 20ml de agua destilada.

- Se introdujo el yodo en el vaso de precipitación y se esperó hasta que el valor se estabilice sin tocar tanto las paredes del recipiente como la sustancia sólida suspendida.
- Escribir el valor obtenido

## 2.9 Determinación de almidón total, amilosa y amilopectina

### 2.9.1 Almidón total

El método permite estimar el contenido de almidón total presente en alimentos vegetales. Este análisis se realizó en función de la metodología establecida por (Holm et al., 1986)

Procedimiento:

- Se pesó 50mg de muestra en tubos centrifuga de 50 ml de capacidad. Se añadió 3 ml de agua destilada y 3 ml de KOH 4M, mezclar y agitar vigorosamente a temperatura ambiente durante 30 minutos
- Añadir aproximadamente 5,5 ml de HCL 2M, y 3 ml de tampón acetato sódico 0,4 M, ajustar a pH 4,75.
- Añadir 30µl de suspensión de amilasa.
- Mezclar e incubar a 60°C durante 45 minutos en un baño maría con agitación.
- Centrifugar durante 15 minutos las muestras y recoger el sobrenadante en matraces aforados.
- Se aforo a 50 ml usando agua destilada y tomamos 0,50 ml de muestra y aforar en otro balón con agua destilada a 50 ml.
- En un tubo de ensayo colocamos 1 ml de muestra aforada y 2 ml de antrona.
- Hervir agua a 80°C y colocar una gradilla con las muestras durante 5 minutos
- Leer la absorbancia y calcular utilizando la fórmula:

$$X = \frac{(valor\ de\ abs) + 0,0612}{0,0238}$$

$$\%glucosa = \left( \frac{(x) * (50ml) * (factor\ de\ dilución) + 1L}{1000\ ml * L * 0,050\ g} \right) * \frac{100}{1000}$$

% Almidón total= %glucosa\*0,9 (Ecu.9)

### **2.9.2 Amilosa y Amilopectina**

Para determinar el contenido de amilosa y amilopectina se utiliza el método colorimétrico sugerido por (Morrison & Laignelet, 1983) y modificado por Paredes

Procedimiento:

Cálculo:

- Se pesó 100 mg de muestra y se colocó en un balón volumétrico de 100ml, después añadir 1 ml de etanol al 95% y 9 ml de hidróxido de sodio 1N, evitando que la muestra se pegue en las paredes del balón. La gelatinización sucede a temperatura ambiente, durante 24 horas, sin agitación.
- Al terminar la gelatinización, completamos con 100 ml con agua destilada.
- Se tomó una alícuota de 5ml en un balón volumétrico de 100 ml que contenga 50 ml de agua destilada, añadir 1 ml de ácido acético 1N y 2 ml de solución de yodo 2%, luego mezclar bien y completar a 100 ml con agua destilada.
- Se dejó que la reacción suceda a temperatura ambiente, en oscuridad, durante 20 minutos, leer la absorbancia a 620 nm
- Preparación del lanco: en un balón volumétrico de 100 ml que contenga 50 ml de agua destilada, agregar 5 ml de hidróxido de sodio 0,009 N. Continuar como con las muestras añadiendo 1 ml de ácido acético 1 N, 2 ml de solución de yodo al 2% y completar a 100 ml con agua destilada
- Curva estándar: Se pesó separadamente 100mg de amilosa y 100 mg de amilopectina en balones volumétricos de 100 ml, después agregar 1 ml de etanol al 95% y 9 ml de hidróxido de sodio 1 N a cada balón, dejar a temperatura ambiente durante 24 horas.

### **2.10 Determinación de los componentes de la textura de noodles**

Los componentes de textura se determinaron utilizando un texturómetro TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, UK. Las mediciones se realizaron 10 min después de la cocción de los noodles, siguiendo el método AACC 74-09, 1999.

Los ajustes del instrumento fueron del modo de tracción hasta ruptura: Velocidad de prueba 1mm/s. Los componentes que se determinaron fueron: fracturabilidad, gomosidad y viscosidad.

### **2.11 Determinación de gluten húmedo**

Este puede ser extraído de la harina por lavado suave de una masa (harina más agua) con un exceso de agua o una solución salina. La mayor parte del almidón y mucha otra materia soluble son removidas por este lavado, hasta que el gluten es obtenido como una goma conteniendo cerca del 80% del total de la proteína de la harina. (ISO 21415-1, 2006)

Procedimiento:

- Se pesó 9,9 g de muestra de harina de trigo y se mezcló con 5,2 ml de solución salina de cloruro de sodio al 2% formando una bola de masa.
- Se amasó hasta que toda la mezcla tenga la consistencia de una masa ligera y homogénea.
- Transcurrido este tiempo, se dejó caer un chorro de agua potable sobre la bola de masa formada y que se encuentra en la palma de la mano, se manejó la masa entre los dedos suavemente hasta que el agua de lavado salga limpia y transparente aproximadamente 5 minutos.
- Se secó entre dos paños y luego se pesó y se registró como gramos de gluten húmedo.

Cálculo:

$$\% \text{ gluten húmedo} = \frac{PGH}{Pm} * 100 \text{ (Ecu. 10)}$$

Donde:

PGH = peso del gluten húmedo en g

Pm = peso de la muestra en g

### **2.12 Análisis microbiológico**

Los análisis microbiológicos se hicieron en función de determinar aerobios (NTE-INEN 1529-5, 2006); Coliformes (NTE INEN 1529-6, 1990); Mohos y levaduras (NTE INEN , 1998); Staphylococcus aureus (NTE-INEN 1529-14).

- Se esterilizaron todos los materiales a utilizar en la autoclave Astell Scientific a una temperatura de 121°C por 15 minutos.
- Se pesó 10 g de muestra de pasta larga finamente molida de cada tratamiento.
- Se preparó una solución madre mezclando los 10 g de muestra con 90 ml de agua destilada.
- Se mezcló durante 3 minutos con la ayuda de un agitador magnético.
- Se realizó 3 diluciones solución madre  $10^{-1}$ , segunda dilución  $10^{-2}$  y la tercera dilución  $10^{-3}$ , es decir 3 frascos ámbar con 9 ml de agua destilada cada uno por tratamiento.
- De la tercera dilución se colocó 1 ml de muestra en el centro de las placas petrifilm de Aerobios totales, Mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus* y Coliformes totales.
- Se dejó caer la película superior sobre la muestra cuidando que no se forme burbujas.
- Se incubaron las placas en la estufa a 37°C (Aerobios 48 horas, Mohos y levaduras 72 horas, *Staphylococcus aureus* 3 horas y Coliformes totales 24 horas).
- Finalmente se realizó el conteo mediante la utilización de un cuenta colonias (UFC/g).

### **2.13 Análisis sensorial**

Para llevar a cabo el análisis de perfil sensorial las muestras de noodles fueron sometidas a cocción durante 9 min. Se realizó con 10 panelistas semi entrenados los cuales probaron 8 formulaciones de noodles elaborados con diferentes concentraciones de almidón de *A. xanthorrhiza* frente a un testigo con 100% harina trigo y otorgaron su valoración a los atributos color, olor, apariencia, sabor extraño, textura, regusto y firmeza, para lo cual se utilizó una escala estructurada de 10 puntos, siendo 1 la puntuación más baja y 10 la más alta. (Castaño et al., 2019)

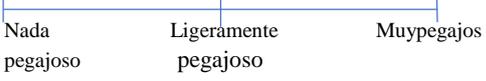
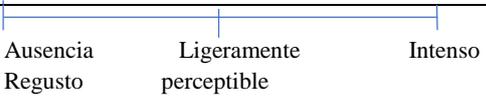
La catación se llevó a cabo en la sala de cataciones de la estación experimental Santa Catalina (INIAP), para la evaluación sensorial de los noodles las muestras

de los nueve tratamientos se repartieron en recipientes plásticos debidamente codificados junto a una boleta de calificación.

Para la calificación se aplicó una escala no estructurada con puntos extremos de 0 cm a 10cm y los resultados fueron analizados aplicando el análisis de varianza y prueba de tukey al 5%

**Tabla 2.**

*Descriptorios aplicados*

Descriptorios	Estándar de referencia	Escala
Color	1 cm crema 10 cm marrón	
Olor	1 cm Inapreciable 5 cm Intenso 10 cm Muy intenso	
Apariencia	1 cm desagradable 10 cm agradable	
Sabor extraño	1 cm Inapreciable 5 cm Intenso 10 cm Muy intenso	
Textura	1cm Nada pegajoso 5cm Ligeramente pegajoso 10 cm Muy pegajoso	
Regusto	1cm Ausencia de regusto perceptible 5 cm Ligeramente perceptible 10 cm Intenso	
Firmeza	1 cm muy frágil 5 cm ligeramente frágil 10 cm Integro	

**2.14 Análisis estadístico**

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) en arreglo factorial, A\*B+1, con tres repeticiones. Para los factores e interacciones significativos se aplicó la prueba de comparación múltiple de tukey ( $p < 0,05$ ). El análisis se realizó a través del paquete estadístico Infostat 2.0.

**Tabla 3.**

*Tratamientos para determinar el efecto de nivel de sustitución de almidón de Arracacia xanthorrhiza por harina de trigo.*

<b>Factor A</b> (Ecotipos)	<b>Factor B</b> (Nivel de sustitución de AZB)	<b>Tratamientos</b>
ECU 18963	25%	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
	50%	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
	75%	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>
	100 %	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>
ECU 18989	25%	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
	50%	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
	75%	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>
	100 %	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>
Testigo		100% Trigo

*Nota. AZB: Almidón de A. xanthorrhiza.*

**Tabla 4**

*Esquema del ANDEVA*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	26
Tratamientos	8
Ecotipos (A)	1
Nivel de sustitución	3
A*B	3
Testigo vs resto	1
Error experimental	18

**Numero de repeticiones: 3**

**Numero de tratamientos: 9**

**Unidades experimentales: 27**

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Composición proximal de las materias primas**

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos de la composición proximal de los almidones obtenidos de los ecotipos de zanahoria blanca. Donde se observa que todas las variables en estudio presentaron una incidencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ), exceptuando las variables humedad, grasa y carbohidratos.

**Tabla 5.***Composición proximal de los almidones de A. xanthorrhiza en estado nativo.*

<b>Parámetros</b>	<b>ECU 18963</b>	<b>ECU 18989</b>
Humedad %	13,51±0,13a	13,35±0,28a
Cenizas %	041±0,02b	0,39±0,03a
Fibra cruda%	0,46±0,02a	0,68±0,03b
Grasa %	0,86±0,04a	0,84±0,03a
Proteína %	0,58±0,01ab	0,57±0,01a
Carbohidratos %	84,19±0,02a	84,16±0,28a

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95%*

En relación al contenido de humedad presentó valores que oscilaron entre de 13,35 % a 13,51 % estos resultados guardan relación con González et al., (2021) quienes mencionan que el contenido máximo de humedad en almidón es del 13 % p/p, se sabe que niveles más altos de agua afectan el flujo y las propiedades mecánicas de los almidones, provocan deterioro microbiano y posterior deterioro de la calidad del almidón.

El contenido de grasa en el estudio reportó valores de 0,84 % - 0,86 %, siendo similares a los del estudio de Pinzon et al., (2020) quienes obtuvieron un contenido de grasa inferior al 1 % en arrachaca amarilla (*Arracacia xanthorrhiza*); mientras que la proteína no supera el 1 % en el almidón de zanahoria, según González et al., (2021) obtuvo valores superiores con resultados entre 9,19 a 16,21 % en harina de zanahoria blanca.

Por el contrario, en el caso de la ceniza y la fibra son diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ), los valores reportados en la ceniza varían de 0,39 % a 0,41 %, valores similares fueron reportados en el estudio de Londoño et al., (2018), que obtuvo 0,2 % en almidón aislado de arracacha amarilla y 0,31 en almidón aislado de arracacha blanca. Los valores de fibra varían de 0,46 % a 0,68 %, estas diferencias podrían atribuirse al origen botánico, la genética vegetal, las condiciones de crecimiento,

la madurez de los tubérculos y raíces en la cosecha y las condiciones de extracción del almidón. (Yaruro, 2018).

Por otro lado, la harina de trigo de origen comercial obtuvo una humedad, cenizas, proteína, y gluten húmedo de 12.69 %, 0.67 %, 14.01 %, 22.8 % respectivamente, en comparación con la norma (NTE INEN 616, 2006) dichos valores se encuentran dentro de los valores mínimos y máximos permitidos.

### 3.2 Propiedades físico químicas de los almidones de *A. xanthorrhiza* en estado nativo

En este estudio los valores de pH son diferentes estadísticamente ( $p < 0,05$ ) situando valores de 4,04 a 4,97 en los ecotipos ECU 18963 y ECU 18989; a diferencia de la acidez que presentaron valores similares (0,20 a 0,13). Como menciona Correa et al., (2019), aunque pertenecen a la misma fuente, las condiciones de cultivos pudieron haber sido diferentes por lo que fue la razón que difiera una de otra. Por otro lado, Yaruro (2018) enfatiza que, el pH y la acidez en los almidones es importante, ya que determinan posibles cambios en los productos durante el procesamiento o almacenamiento, generando fermentación que pueda producir alteraciones en estos.

**Tabla 6.**

*Propiedades físico químicas de los almidones de A. xanthorrhiza, en estado nativo.*

Parámetros	ECU 18963	ECU 18989
pH	4,04±0,15a	4,97±0,04b
Acidez titulable %	0,20±0,01a	0,13±0,01a

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95%*

### 3.3 Contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones nativos y modificados de *A. xanthorrhiza*.

En la Tabla 7 se evidencia que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los ecotipos analizados en estado nativo y modificados en las variables de amilosa y amilopectina excepto el almidón total que no existe incidencia estadística significativa.

En cuanto al almidón total del ecotipo en estado nativo presentó valores 98,58 a 98,96 %; mientras que, los almidones modificados obtuvieron 56,75 % a 56,91%. De observo que, al modificar el almidón total disminuye significativamente, esto se debe por el tratamiento al cual fue sometido. Los resultados obtenidos, son similares con el estudio realizado por Salas-Cuestas (2018) quien reportó un contenido de almidón total de 56,49 % en arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) modificado por irradiación uv-c. Por otro lado, se menciona que el contenido de almidón total en estado nativos oscila entre 75 – 89 %, dependiendo del material vegetal, esta variabilidad depende de factores, como el estado de madurez de la materia prima, origen botánico y los métodos analíticos (Yaruro, 2018).

El contenido de almidón total en almidón modificado disminuyó su concentración, lo cual podría tener su explicación en los siguientes hechos:

**Fraccionamiento del almidón:** Durante el proceso de modificación, el almidón puede fraccionarse o dividirse en componentes más pequeños, como almidón resistente o almidón gelatinizado. Esto puede resultar en una reducción del contenido de almidón total en términos de peso (Villaroel et al., 2018).

**Eliminación de impurezas:** En algunos casos, el proceso de modificación del almidón puede implicar la eliminación de impurezas o componentes no deseados presentes en el almidón natural. Esto podría reducir el peso total del almidón (León et al., 2020).

**Cambio en la estructura molecular:** La modificación del almidón a menudo implica la alteración de la estructura molecular del almidón natural para cambiar sus propiedades. Esto puede incluir la ruptura de enlaces químicos dentro del almidón, lo que podría reducir su peso total (León et al., 2020).

En el contenido de amilosa para los almidones nativos y modificados químicamente presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los ecotipos reportando valores comprendidos entre 16,65 a 30,39 % y 18,74 % y 34,12 % respectivamente. En el presente estudio, se observó un incremento considerable al modificar el almidón. Estos resultados son inferiores a lo reportado por Salas-Cuestas (2018) quien obtuvo 15,16 % de amilosa. De acuerdo con Yaruro (2018) la presencia de altos niveles de amilosa mejora la funcionalidad de los almidones,

se ha demostrado que, a mayor contenido de amilosa, mayor capacidad de formación de película.

Para el contenido de amilopectina en los ecotipos nativos se demostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) obteniendo resultados entre 69,60 % y 83,35 %. Por otro lado, el almidón modificado de los dos ecotipos presentaron una disminución considerable reportando valores de 65,86 % y 79,03 %. Estos resultados son similares a los obtenidos por Menzel et al., (2015) quienes determinaron un contenido de 80 % en almidones de patata genéticamente modificados. Mientras que, Velásquez-Barreto et al., (2021) obtuvieron de 80 % - 95 % para en almidones nativos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y olluco (*Ullucus tuberosus*).

**Tabla 7.**

*Contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones nativos y modificados de A. xanthorrhiza.*

Parámetros	Almidones en estado nativo		Almidones modificados	
	ECU 18963	ECU 18989	ECU 18963	ECU 18989
Almidón total %	98,58±0,54a	98,96±0,64a	56,75±0,01a	56,91±0,11a
Amilosa %	16,65±0,63a	30,39±0,16b	18,74±0,06a	34,12±0,02b
Amilopectina %	83,35±0,63b	69,60±0,16a	79,03±0,02b	65,86±0,14a

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95%*

### **3.4 Características físico químicas de noodles elaborados con diferentes niveles de sustitución de A. xanthorrhiza**

En la Tabla 8 se muestra el contenido de humedad, cenizas, proteína, y gluten de los noodles obtenidas a partir de diferentes niveles de sustitución de A. xanthorrhiza

Los resultados mostraron que el contenido de humedad fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ), presentando un rango entre 6,21% a 10,14 %. De esta forma, se demostró que, en las muestras donde se utilizaron mayor concentración de almidón de zanahoria se obtuvo menor contenido de humedad. Sin embargo, los resultados de los tratamientos se encuentran dentro del rango máximo establecido por norma técnica ecuatoriana “INEN 1375: 2014” que menciona que, una pasta

alimenticia seca debe tener 14 % de humedad. Martínez-Mora et al., (2016) determinó una humedad de 9,80 % en pasta a partir de almidón de banano.

El contenido de ceniza presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), denotando que, el mayor valor se situó en el tratamiento testigo (0,70 %); mientras que, el menor valor en el t4 con 0,44 %. Esto demuestra que, a mayor concentración de harina de trigo, mayor es el contenido de ceniza. De acuerdo con Sirichokworrakita & Juthamat Phetkhuta (2015), el contenido de cenizas depende de la calidad de la harina, por tanto, corresponde al mayor contenido de minerales. Además, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1375:2014, que establece un máximo de 0,85 %.

En cuanto al contenido de proteína la mayor incidencia se obtuvo al emplear mayor concentración de harina de trigo, a diferencia del almidón de zanahoria, donde el contenido disminuyó considerablemente. Demostrando que, el Testigo (14,44) donde se utilizó 100 % harina de trigo fue estadísticamente diferente del T4 (1,17). Espinales-Zambrano (2020) al elaborar fideos (noodles) a partir de harina de trigo y chocho obtuvieron un contenido de proteína de 6,98 y 16,60. Según, González et al., (2021) las proteínas en la harina de trigo rondan entre el 9 % al 14 %; mientras que, la zanahoria blanca tiene aproximadamente 2,2%

Respecto al contenido de gluten los tratamientos que se emplearon mayor concentración de almidón de zanahoria, obtuvieron menor cantidad de gluten, en comparación, al utilizar la harina de trigo. Demostrando que, el tratamiento testigo (100 % harina de trigo) obtuvo 14,44 % de gluten y el t4 y t8 (100 % almidón de zanahoria de ECU 1863y ECU 18989) presentó una pequeña cantidad de 0,001 %. La zanahoria blanca, debido a que la actividad amilásica es baja, posee menor contenido de gluten (Adegunwa et al., 2012). Por su parte, Yao et al., (2020) al realizar fideos con almidón de trigo obtuvo un contenido de gluten entre 8,0 % y 11,6 %, mencionando que el trigo en estado natural tiene altas concentraciones de gluten (14-15%).

**Tabla 8.**

*Características físico químicas de noodles con sustitución parcial de almidón *A. xanthorrhiza*.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Gluten (%)</b>
t <sub>1</sub>	7,44±0,24bc	0,50±0,01ab	10,65±0,15f	7,99±0,11g
t <sub>2</sub>	8,06±0,03d	0,62±0,03d	8,18±0,02d	4,09±0,01e
t <sub>3</sub>	8,64±0,42de	0,49±0,01ab	5,66±0,17c	1,42±0,04d
t <sub>4</sub>	9,22±0,13e	0,44±0,01a	1,17±0,03a	0,001±0,01ab
t <sub>5</sub>	6,21±0,08a	0,54±0,01bc	11,73±0,07g	8,80±0,05h
t <sub>6</sub>	7,10±0,30b	0,53±0,03bc	8,58±0,12e	4,29±0,06f
t <sub>7</sub>	7,59±0,31bc	0,57±0,03cd	5,23±0,06b	1,31±0,02c
t <sub>8</sub>	10,01±0,52f	0,55±0,05bc	1,22±0,06a	0,001±0,0001a
TES.	10,14±0,05g	0,70±0,002e	14,44±0,14h	14,44±0,14i

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95%*

### **3.5 Componentes de fracturabilidad, adhesividad y gomosidad de los noodles elaborados con harinas sustituidas con almidón *A. xanthorrhiza*.**

En la Tabla 9 se puede observar los valores de fracturabilidad, adhesividad y gomosidad de los tratamientos de los noodles elaborados con distintos niveles de almidón de *A. xanthorrhiza*

Para el parámetro de fracturabilidad se puede observar que, en el t<sub>7</sub> (0,0054) presentó la mayor fracturabilidad y los t<sub>1</sub> (0,0063) y t<sub>5</sub> (0,0057) obtuvieron una menor fracturabilidad, esto se debe a que la harina de trigo permite obtener un producto con mayor resistencia, es decir a ser menos quebradizos. Investigadores como Axentii et al., (2023) en su investigación demostraron, que, al reemplazar parcialmente la harina de trigo por harina de cañamo en la elaboración de fideos mostró una disminución en la fracturabilidad en comparación con la muestra control (100 % harina de trigo). Además, al producir pasta tipo espagueti a partir de harina de habas y camote presentaron un fracturabilidad <0,394 (Giménez et al., 2013).

En relación a la adhesividad los t4 (6,5127) y t8 (7,4720), que presentaron valores más altos, en comparación al tratamiento testigo (2,2417) que posicionó la menor adhesividad. Kumalasari et al., (2021), en su investigación obtuvo una adhesividad inferior ( $7.66 \pm 6.41$ ) al elaborar fideos sin gluten. Cabe mencionar que, la adhesividad está relacionada con la cantidad de agua absorbida por la matriz durante el proceso de cocción, a medida que aumenta la cantidad de agua absorbida por el almidón se produce la solubilización de la amilosa en el agua de cocción y presencia de amilopectina en la superficie de los noodles, aumentando la adhesividad de la misma (Chigal, 2021).

En cuanto a la gomosidad, el t1 (0,0063) y t5(0,0057) reportaron un valor similar al tratamiento testigo (0,0054), siendo estadísticamente menor ( $p < 0,05$ ) de los tratamientos t4 (0,0883) y t8 (0,1177), es necesario mencionar que, los valores superiores se deben a que la concentración de almidón de *A. xanthorrhiza* fue mayor. La gomosidad se refiere a la cantidad de movimiento que el alimento podría soportar antes de desintegrarse (Rodríguez et al., 2018). Según Orlu et al., (2022) expuso que, al utilizar harina compuesta (trigo y plátano) en fideos instantáneos, obtuvieron una gomosidad entre 0,62 a 0,80%.

**Tabla 9.**

*Componentes de la textura de noodles elaborados con sustitución parcial de almidón A. xanthorrhiza.*

Tratamientos	Fracturabilidad	Adhesividad	Gomosidad
t1	0,0063±0,0006ab	3,8103±0,24bc	0,0063±0,0006ab
t2	0,0077±0,0006d	4,0847±0,1358d	0,0077±0,0006d
t3	0,0287±0,012g	4,2163±0,2507de	0,0287±0,012g
t4	0,0883±0,0076gh	6,5127±0,3518i	0,0883±0,0076gh
t5	0,0057±0,0006a	3,7770±0,2998b	0,0057±0,0006a
t6	0,0083±0,0006de	4,6507±0,2606f	0,0083±0,0006de
t7	0,087±0,0006def	5,1730±0,3500g	0,087±0,0006def
t8	0,1177±0,0006h	7,4720±0,3279h	0,1177±0,0006h
TES.	0,0054±0,0030abc	2,2417±0,3202a	0,0054±0,0030abc

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95 %*

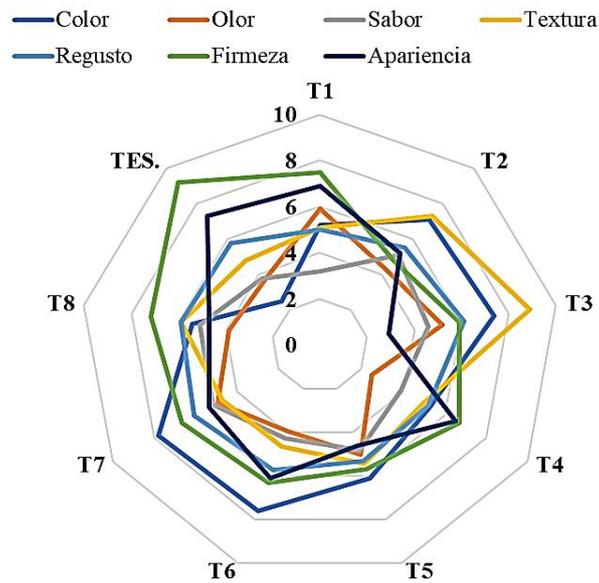
### **3.6 Análisis del perfil sensorial de noodles elaborados con distintos niveles de harinas sustituidas con almidón de *A. xanthorrhiza*.**

En la Figura 1. Se muestran los resultados de las características sensoriales (color, olor, apariencia, sabor extraño, textura, regusto y firmeza) de las noodles.

De acuerdo a las percepciones de los catadores el tratamiento testigo tiene un color crema, mientras que el t2, t3, t6 y t7 presentó una coloración marrón a diferencia de los demás tratamientos. El olor en el t1 y t5 son muy intensos en comparación al t4 que se denotó un olor poco apreciable. En cuanto al sabor, el t7 presentó un sabor extraño muy intenso a diferencia de t1 que fue inapreciable. La textura en el t3 fue muy pegajosa mientras que el t6 obtuvo una textura no pegajosa. El regusto no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos frente al tratamiento testigo. La firmeza en el tratamiento testigo fue íntegra, al igual que los tratamientos t1 y t5, sucediendo lo contrario en el t2 que situó una firmeza muy frágil. La apariencia en el tratamiento testigo fue agradable en comparación con el t3 que fue desagradable. Algunos investigadores al elaborar fideos con inclusión de harina de pan, konjac y calabaza obtuvieron excelentes resultados sensoriales y una buena aceptabilidad por parte de los consumidores, así como también con harina de yuca, trigo y soja (Purwandari et al., 2014). Por otro lado, Herawati et al., (2017) al utilizar harina de *Canna edulis Kerr* y almidón de *Arenga pinnata Merr* no presentaron alteraciones en los atributos sensoriales de los fideos.

**Figura 1.**

*Análisis del perfil sensorial de noodles elaborados con distintos niveles de harinas sustituidas con almidón de *A. xanthorrhiza*.*



### **3.7 Análisis microbiológicos de noodles elaborados con harinas sustituidas con almidón de *A. xanthorrhiza*.**

El análisis microbiológico de los noodles con almidón de *A. xanthorrhiza*, se realizó en la función de determinar Aerobios mesófilos, mohos y levaduras, coliformes y staphylococcus aureus (Tabla 9). Todos los recuentos estuvieron por debajo de los valores máximos permitidos en la normatividad NTE INEN 1375, 2014; es decir que todos los tratamientos son inocuos. De acuerdo con Dussán et al., (2019), una de las ventajas que tienen las pastas alimenticias secas, es que, debido al proceso de extrusión, el calor y las presiones actúan como factores de esterilización, eliminando o inactivando los microorganismos presentes.

**Tabla 10.**

*Recuento microbiológico de noodles elaborados con sustitución parcial de almidón de *A. xanthorrhiza*.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Aerobios mesófilos</b>	<b>Mohos y levaduras</b>	<b>Coliformes</b>	<b>Staphylococcus aureus</b>
t <sub>1</sub>	6x10 <sup>3</sup>	Ausencia	33	Ausencia
t <sub>2</sub>	6,3x10 <sup>3</sup>	Ausencia	23	Ausencia
t <sub>3</sub>	12x10 <sup>3</sup>	Ausencia	76	Ausencia
t <sub>4</sub>	6x10 <sup>3</sup>	Ausencia	<10	Ausencia
t <sub>5</sub>	12x10 <sup>3</sup>	Ausencia	52	Ausencia
t <sub>6</sub>	6,6x10 <sup>3</sup>	Ausencia	29	Ausencia
t <sub>7</sub>	6x10 <sup>3</sup>	Ausencia	31	Ausencia
t <sub>8</sub>	2x10 <sup>3</sup>	Ausencia	<10	Ausencia
TES.	28x10 <sup>3</sup>	Ausencia	74	Ausencia

#### **4. CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos de los análisis de los ecotipos de *A. xanthorrhiza* en estado nativo no difieren significativamente en la composición proximal, mientras que, en las propiedades fisicoquímicas se observó que, ECU 18989 obtuvo un mayor valor de pH (4,97), a diferencia de la acidez que no incidió significativamente en su contenido. Respecto a las propiedades químicas de los almidones en estado nativo vs almidones modificados entre ambos ecotipos, se denotó que el contenido de almidón total y amilopectina disminuye; mientras que, la amilosa aumenta considerablemente. Por otro lado, en cuanto a los resultados obtenidos en las características fisicoquímicas de los noodles, los tratamientos estudiados presentaron diferencia significativa frente al tratamiento testigo, que situó los mayores valores. En relación al análisis de textura, los tratamientos situaron una fracturabilidad (0,0057 - 0,1177); adhesividad (2,2417 - 6,5127) y gomosidad (0,0057 - 0,087). Así como también, en el análisis sensorial, las muestras, presentaron una coloración marrón, además, el t7 obtuvo las mejores intensidades de olor (4,95), sabor (4,95), regusto (6,05) y firmeza (6,65). Cabe mencionar que,

en los tratamientos no existió presencia de agentes patógenos, es decir, cumplen con los requerimientos establecidos en las normas técnica ecuatoriana.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC 74-09. (1999). *Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine*.

Adegunwa, M., Bakare, H., & Akinola, O. (2012). Enrichment of Noodles with Soy Flour and Carrot Powder. *Nigerian Food Journal*, 30, 74-81. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30016-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30016-3)

Aranivar, C. (2020). Universidad Nacional de Córdoba . *Utilización de chía (Salvia hispánica L.) en la formulación de productos tradicionales elaborados a base de harina de trigo*. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/548618/2020-Aranibar%20C.%20tesis%20doctoral.docx-9-FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ávalos, G. (2018). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. *Evaluación de dos emulsificantes y tres proporciones de mezclas de helado y yogur en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de helado de yogur sabor café*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2aa1009a-8343-4709-9316-e1182f57204c/content>

Axentii, M., Stroe, S.-G., & Codină, G. G. (2023). Development and Quality Evaluation of Rigatoni Pasta Enriched with Hemp Seed Meal. *Foods*, 12(9), 1774. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12091774>

Blandón, S. (2019). Obtenido de Desarrollo y formulación de una pasta libre de gluten: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1e9a242-56ae-4d2f-bf69-aaebeb1c25bdc/content>

Castaña, N., Villar, J., Divino, M., Boralli, C., Esteves, P., & Duarte, A. (2018). *International Journal of Biological Macromolecules. Structure and properties of starches from Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) roots*, 117, 1009-1038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.015>

Castaña, N., Villar, J., Divino, M., Boralli, C., Esteves, P., & Duarte, A. (2018). Structure and properties of starches from Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) roots. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 1009-1038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.015>

Castaño, F., Correa, D., & Agudelo, L. (2019). *Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas*, 22. <https://doi.org/doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1194>

- Chigal, P. (2021). *Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca*. Obtenido de <https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3052/Chigal%20MS-2021-ParametrosFisicoquimicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chigal, P. (2021). *Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca [Tesis de posgrado]*. <https://doi.org/https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3052/Chigal%20MS-2021-ParametrosFisicoquimicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chigal, P. (2021). *Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca [Tesis de posgrado]*. Obtenido de <https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3052/Chigal%20MS-2021-ParametrosFisicoquimicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chikara, N., Kushwaha, K., Jaglan, S., Sharma, P., & Panghal, A. (2018). *Nutritional, physicochemical, and functional quality of beetroot (Beta vulgaris L.) incorporated Asian noodles*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cche.10126>
- Cobo, C., Quiroz, M., & Santacruz, S. (2013). Avances en ciencias y tecnologías. *Sustitución parcial de trigo (Triticum aestivum) por zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza B.) en la elaboración de pan*. Retrieved from <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/140/142>
- Cobo, C., Quiroz, M., & Santacruz, S. (2018). Avances de ciencia y tecnología. *Sustitución parcial de trigo (Triticum aestivum) por zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza B.) en la elaboración de pan*. Retrieved from <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/140/142>
- Correa Medrano, G. C., Guidino Castañeda, P. D., & Llamojha Cuya, C. E. (2019). *Evaluación de la remoción de la turbidez de un sistema de coagulación mediante Almidón de la Arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Universidad Nacional del Callao. [https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC\\_b7d3d670172001ec08348cbf7c446e09/Details](https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_b7d3d670172001ec08348cbf7c446e09/Details)
- Dussán, S., Cruz, R. d., & Godoy, S. (2019). Estudio del Perfil de Aminoácidos y Análisis Proximal de Pastas Secas Extruidas a Base de Harina de Quinoa y Harina de Chontaduro. *Información tecnológica*, 30(6). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
- Espinales-Zambrano, E. (2020). *Caracterización físico-química y tecnofuncional de pasta tipo spaghetti elaborado a partir de harinas de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales*. Universidad Técnica de Ambato.

<https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31411/1/AL%20749.pdf>

- Giménez, M., González, R., Wagner, J. T., Lobo, M., & Samman, N. (2013). Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. *Food Chemistry*, *136*, 538-545. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.068>
- González, L., Guemes, N., Soto, S., Hernández, J., Quintero, A., & Piloni, J. (2021). Quality properties of doughs and noodles using chayotextle (*Sechiem edule*) flours. *Food Science and Technology*, *41*(1), 158-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.30219>
- Gusque, N. (2022). *Utilización de harina de camote toquecita (Ipomoea batatas L.) para la elaboración de pasta larga*. Escuela politécnica de Chimborazo. Obtenido:<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17807/1/27T00552.pdf>
- Herawati, E., Ariani, D., Miftakhussolikhah, E., Yosieto, E., Angwar, M., & Pranoto, A. (2017). Sensory and Textural Characteristics of Noodle Made of Ganyong Flour (*Canna edulis* Kerr.) and Arenga Starch (*Arenga pinnata* Merr.). *Conference Series: Earth and Environmental Science*, *101*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/101/1/012020>
- Higuera, M., & Prado, R. (2013). Obtenido de Determinación de los parámetros óptimos de proceso para la elaboración de snacks a partir de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*): <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3452/1/03%20EIA%2037%20TESIS.pdf>
- Holm, J., Björck, I., & Drews, A. (1986). A Rapid Method for the Analysis of Starch. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.19860380704>
- ISO 21415-1. (2006). *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 1: Determinación del gluten húmedo mediante un método manual*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35863.html>
- Kumalasari, R., Sholichah, E., Haryanto, A., Hanifah, U., Indah-Mayasti, K., & Dwi-Yuniar, A. (2021). Evaluation of uniformity of physical and texture quality in manufacture of gluten-free noodles using single-screw extruders: a case study on local SMEs in Subang district-Indonesia. *Food Science and Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.82421>
- León, G., León, D., Monroy, M., & Herrera, A. (2020). Chemical modification of starches through esterification reactions and their potential use in the cosmetic industry. *Redylac*, *39*, 620-626. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.4263365>

- León, G., León, D., Monroy, M., & Herrera, A. (2020). Redylac. *Chemical modification of starches through esterification reactions and their potential use in the cosmetic industry*, 39, 5, 620-626. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.4263365>
- Londoño, S., Rincón, N., & Contreras, M. (2018). *Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-like starches and flours (Arracacia xanthorrhiza)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.201000155>
- Londoño, S., Rincón, N., & Contreras, M. (2018). Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-like starches and flours (Arracacia xanthorrhiza). *Int J Biol Macromol*, 1(113), 1188-1197. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.201000155>
- Martínez-Mora, E., Criollo-Fejoo, J., Silverio-Calderón, C., & Díaz-Torres, R. (2016). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo - almidón de banano. *Cumbres*, 4(1). <https://doi.org/http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres>
- Menzel, C., Andersson, M., Andersson, R., Vázquez-Gutiérrez, J. L., Geoffrey, D., Langton, M., . . . Koch, K. (2015). Improved material properties of solution-cast starch films: Effect of varying amylopectin structure and amylose content of starch from genetically modified potatoes. *Carbohydrate Polymers*, 130, 388-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.024>
- Moposita, D., Mejía, B., Dávalos, G., & Godoy, M. (2023). Polo del conocimiento. *Pasta enriched with quinoa flour (Chenopodium quinoa) and amaranth (Amaranthus)*. Retrieved from <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
- Morrison, W., & Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(83\)80004-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0733-5210(83)80004-6)
- NTC 282 . (1986). Obtenido de Harina de trigo (Métodos de ensayo): <https://vdocuments.mx/ntc-282pdf.html?page=1>
- NTE INEN . (1998). *Mohos y levaduras* . Obtenido de <https://ia801900.us.archive.org/5/items/ec.nte.1529.10.1998/ec.nte.1529.10.1998.pdf>
- NTE INEN 1375. (2014). Pastas Alimenticias o Fideos Secos. Requisitos. Obtenido de [http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/NO\\_RMAS\\_2014/ACO/17122014/nte-inen-1375-](http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/NO_RMAS_2014/ACO/17122014/nte-inen-1375-)

- NTE INEN 1529-6. (1990). *Control microbiológico de los alimentos (Determinación de microorganismos coliformes)*. Obtenido de <https://ia801500.us.archive.org/26/items/ec.nte.1529.6.1990/ec.nte.1529.6.1990.pdf>
- NTE INEN 616. (2006). *Instituto ecuatoriano de normalización*. Obtenido de <https://ia802904.us.archive.org/14/items/ec.nte.0616.2006/ec.nte.0616.2006.pdf>
- NTE INEN-ISO 1666. (2014). *Almidones y féculas. Determinación del contenido en humedad, método de desecación en estufa (ISO 1666:1996, IDT)*. Obtenido de <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/index.php/s/Nm5Faq8TxrJ5N43>
- NTE-INEN 1529-14. (s.f.). *Staphylococcus aureus*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.1529.14.1998/page/n3/mode/2up>
- NTE-INEN 1529-5. (2006). *Control microbiológico de los alimentos (Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos)*. Obtenido de <https://ia902906.us.archive.org/16/items/ec.nte.1529.5.2006/ec.nte.1529.5.2006.pdf>
- NTE-INEN 518. (1980). Obtenido de *Harina de origen vegetal (Determinación de la pérdida por calentamiento)*: <https://archive.org/details/ec.nte.0518.1981/page/n2/mode/1up>
- NTE-INEN 519. (1980). *INEN*. Obtenido de *Harinas de origen vegetal (Determinación de proteína)*: <https://ia802906.us.archive.org/28/items/ec.nte.0519.1981/ec.nte.0519.1981.pdf>
- NTE-INEN 520:2012. (2012). Obtenido de *Harinas de origen vegetal (determinación de la ceniza)*: [https://archive.org/stream/ec.nte.0520.1981/ec.nte.0520.1981\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/ec.nte.0520.1981/ec.nte.0520.1981_djvu.txt)
- NTE-INEN 521. (1980). *Harinas de origen vegetal (Determinación de la acidez titulable)*. Obtenido de [https://archive.org/stream/ec.nte.0521.1981/ec.nte.0521.1981\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/ec.nte.0521.1981/ec.nte.0521.1981_djvu.txt)
- NTE-INEN 522. (1980). *Harinas de origen vegetal (determinación de la fibra cruda)*. Obtenido de <https://ia801902.us.archive.org/6/items/ec.nte.0522.1981/ec.nte.0522.1981.pdf>
- NTE-INEN 523. (1980). *Harinas de origen vegetal (Determinación de grasa)*. Obtenido de <https://ia802909.us.archive.org/25/items/ec.nte.0523.1981/ec.nte.0523.1981.pdf>

- Orlu, C., Akusu, O. M., Wordu, G. O., & Chibor, B. S. (2022). Physicochemical, Textural and Sensory Characteristics of Instant Noodles Produced from Wheat and Plantain Flour Blends, Spiced with Ginger. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2684-1827. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.6.549>
- Pinzon, M., Sanchez, L., & Villa, C. (2020). *Chemical, structural, and thermal characterization of starches from four yellow Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) roots produced in Colombia*. Retrieved from [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(20\)31606-6.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(20)31606-6.pdf)
- Pinzon, M., Sanchez, L., & Villa, C. (2020). Chemical, structural, and thermal characterization of starches from four yellow Arracacha ( Arracacia xanthorrhiza) roots produced in Colombia. *Nacional Library of medicine*, 22(6), 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04763>
- Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2018). Scielo. *Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Lupino (Lupinus mutabilis Sweet) en la Producción de Pasta Larga*. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200195>
- Prerana, S., & Anupama, D. (2019). Influence of carrot puree incorporation on quality characteristics of instant. *J Food Process Eng*, 1-8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13270>
- Purwandari, U., Khoiri, A., Muchlies, M., Noriandita, B., Zeni, N., Lisdayana, N., & Fauziyah, E. (2014). Evaluación textural, de calidad culinaria y sensorial de fideos sin gluten elaborados con harina de fruta del pan, konjac o calabaza. . *Revista internacional de investigación alimentaria* , 21, 1623–1627.
- Robles, R., Rojas, A., Odriozola, I., Gonzáles, G., & Martin, O. (2013). Food science and technology. *Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes*. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.021>
- Rodríguez, G., Lizarazo, C., González, A., Montes, N., & Ruíz, R. (2018). *Effects of transglutaminase on the proximal and Effects of transglutaminase on the proximal and and quinoa*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Regulo-Ruiz-Salazar/publication/329571592\\_Effects\\_of\\_transglutaminase\\_on\\_the\\_proximal\\_and\\_textural\\_properties\\_of\\_gluten-free\\_bread\\_of\\_sorghum\\_and\\_quinoa/links/5c0ff74e4585157ac1bb987d/Effects-of-transglutaminase-on-the](https://www.researchgate.net/profile/Regulo-Ruiz-Salazar/publication/329571592_Effects_of_transglutaminase_on_the_proximal_and_textural_properties_of_gluten-free_bread_of_sorghum_and_quinoa/links/5c0ff74e4585157ac1bb987d/Effects-of-transglutaminase-on-the)
- Rodríguez, G., Lizarazo, C., González, A., Montes, N., & Ruíz, R. (2018). Effects of transglutaminase on the proximal and Effects of transglutaminase on the

proximal and and quinoa. *Rev. Fac. Agron.* (, 35, 188-201.  
<https://doi.org/https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27271/27905>

- Rodríguez, M. (2019). *Evaluación de la remoción de la turbidez de un sistema de coagulación mediante almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5115/CORREA%20MEDRANO%20GIAN%20CARLO%20QUIMICA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salas, S. (2018). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza ) MODIFICADO POR IRRADIACIÓN UV-C [Tesis de posgrado]*. Universidad del Tolima. <https://doi.org/https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3c49494-dd6f-4e1a-a959-b2d5a9430258/content>
- Sandoval, A. (2018). *Caracterización físico química y propiedades funcionales del almidón de Arracacha xanthorrhiza modificado por radiación UV-C*. Obtenido de <https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3c49494-dd6f-4e1a-a959-b2d5a9430258/content>
- Singh, J., Kaur, S., & Rasane, P. (2018). Evaluation of the Nutritional and Quality Characteristics of Black Carrot Fortified Instant Noodles. *Current Nutrition & Food Science*, 14(5), 442-449. <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/1573401313666170724115548>
- Sirichokworrakita, S., & Juthamat Phetkhuta, A. K. (2015). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz en la calidad de los fideos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.294>
- Torres, O. (2018). *Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo por pasta de mashua ((Tropaeolum tuberosum), y extracto de zanahoria (Daucus carota L)*. Obtenido de [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1465/OTJ\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1465/OTJ_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). *Scientia Agropecuaria. Propiedades funcionales de almidón de papa (Solanum tuberosum) y su modificación química por acetilación*, 7. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>
- Velásquez-Barreto, F. F., Bello-Pérez, L. A., Nuñez-Santiago, C., Yee-Madeira, H., & Velezmoro-Sánchez, C. E. (2021). Relationships among molecular, physicochemical and digestibility characteristics of Andean tuber starches.

- International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 472-481.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.039>
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Scielo. *Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests*, 45(3), 271-278.  
<https://doi.org/dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Technological characteristics and physiological interests. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>
- Yao, M., Li, M., Dhital, S., Tian, Y., & Guo, B. (2020). Texture and digestion of noodles with varied gluten contents and cooking time: The view from protein matrix and inner structure. *Food Chemistry*, 315.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126230>
- Yaruro, N. (2018). *Evaluación de las propiedades físico químicas, térmicas y microestructurales del almidón de achira (Canna Edulis) [Tesis de posgrado]*. Universidad Nacional de Colombia.  
<https://doi.org/https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69533>
- Yilmaz, A., & Tugru, N. (2023). Sonoquímica ultrasónica. *Efecto del tratamiento con ultrasonido-microondas y microondas-ultrasonido sobre las propiedades físicoquímicas del almidón de maíz.*, 98.  
<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106516>

## 6. ANEXOS

### A) Envió de artículo a la revista

#### Submission Files

▶  31217	Elaboración noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (Arracacha xanthorrhiza) con bajo contenido de gluten..docx	October 17, 2023	Article Text
▶  31218	Cover letter (3).docx	October 17, 2023	Formato de evaluación
▶  31219	Lista de requisitos (2).docx	October 17, 2023	Cesión de derechos
▶  31279	5989-iThenticate.pdf	October 20, 2023	Informe de similitud

#### Pre-Review Discussions

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
<a href="#">Comentarios y solicitud al id 5989</a>	rcia 2023-10-24 10:14 AM	-	0	<input type="checkbox"/>

## B) Artículo

### Elaboración de noodles de almidón de zanahoria blanca modificado (*Arracacia xanthorrhiza*) con bajo contenido de gluten.

### Preparation of modified white carrot starch noodles (*Arracacia xanthorrhiza*) with low gluten content.

Jennifer Viviana Guerrero-Paramo<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0007-0981-2610>,  
[jennifer.guerrero8521@utc.edu.ec](mailto:jennifer.guerrero8521@utc.edu.ec)

Clara Elena Villacres-Poveda<sup>1,2</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-9660-5845> ,  
[elenavillacres9@hotmail.com](mailto:elenavillacres9@hotmail.com)

María Monserrath Morales-Padilla<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-9048-1538>,  
[maria.morales1144@utc.edu.ec](mailto:maria.morales1144@utc.edu.ec)

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

**Autor de correspondencia:** [jennifer.guerrero8521@utc.edu.ec](mailto:jennifer.guerrero8521@utc.edu.ec)

## Resumen

Los noodles en la actualidad son productos de alto consumo, que comúnmente se elaboran con harina de trigo (*Triticum durum*), puesto que es uno de los tres granos más cultivados y producidos a nivel mundial, sin embargo, el contenido de gluten en su composición puede afectar a la salud de los consumidores y es por ello que, para la industria es un gran reto producir alimentos bajos en gluten que cumplan con los niveles nutricionales necesarios. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) en la elaboración de noodles. Para ello, se empleó como testigo absoluto a la harina de trigo 100 %. El estudio experimental inició con la caracterización bromatológica de los almidones de *A. xanthorrhiza* y harina de trigo. Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar y mostraron que los noodles elaborados con almidón de dos ecotipos de *A. xanthorrhiza* (18963 y 18989) presentaron ausencia de gluten, buenas características físico-químicas y un buen nivel de aceptabilidad sensorial.

**Palabras clave:** almidón modificado, alternativa, gluten, noodles,

## **Abstract**

Noodles are currently high consumption products, which are commonly made with wheat flour (*Triticum durum*), since it is one of the three most cultivated and produced grains worldwide, however, the gluten content in its composition can affect the health of consumers and that is why it is a great challenge for the industry to produce low-gluten foods that meet the necessary nutritional levels. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effect of replacing wheat flour with modified starch from two ecotypes of Arracacha xanthorrhiza at concentrations of 25, 50, 75 and 100 % on the quality of noodles. For this purpose, 100% wheat flour was used as an absolute control. The experimental study began with the bromatological characterization of A. xanthorrhiza starches and wheat flour. The results were analyzed in a completely randomized design and showed that noodles made with starch from two ecotypes of A. xanthorrhiza (18963 and 18989) presented absence of gluten, good physicochemical characteristics and a good level of sensory acceptability.

**Key words:** starch, gluten, nutritional, protein.

## **Introducción**

En la actualidad la industria alimenticia se encuentra en la búsqueda de almidones que sean resistentes a tratamientos industriales drásticos como esterilización, congelación, etc. Es por ello, que los almidones modificados química o genéticamente se han desarrollados (Prerana & Anupama, 2019). La pasta es uno de los alimentos de consumo masivo más populares a nivel mundial debido a su bajo aporte de grasa, sodio y bajos niveles de glucosa (Aranivar, 2020).

Para la elaboración de pastas generalmente se utilizan harina de trigo, agua y algunos ingredientes opcionales como las espinacas, tomates, hierbas; estos influyen en el contenido nutricional de la misma. La adición de verduras en la elaboración de pasta aporta nuevos sabores, las pastas vegetales convencionales, como las pastas que contienen espinacas y tomate, consisten principalmente en harina de trigo con alrededor de 3 a 3,5 % en peso o menos de sólidos vegetales y tienden a cambiar de color y sabor durante el procesamiento, almacenamiento y cocción (Singh et al., 2018).

La zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) se caracteriza por su sabor agradable, alto contenido de vitamina A, calcio y niveles adecuados de niacina fósforo y ácido ascórbico (Cobo et al., 2018). Forma parte de los tubérculos andinos como son también el camote (*Ipomoea batatas*), la mashua (*Tropaleum tuberosum*), el melloco (*Ullucus tuberosus*) y la oca (*Oxalis tuberosa*) (Cobo et al., 2018).

En Ecuador el cultivo de *A. xanthorrhiza* se produce para consumo local, cabe destacar que la producción de zanahoria blanca perdió importancia para dar paso a la producción de brócoli por las industrias establecidas dentro de la provincia siendo así que la producción del cultivo de esta hortaliza es escasa. Por esta razón el objetivo de la presente investigación fue evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) en la elaboración de noodles.

## **Materiales y métodos**

### **Material vegetal**

El almidón a partir de los ecotipos ECU 18963 y ECU 18989 de *A. xanthorrhiza* se obtuvieron en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), situada a 13 km. al sur de Quito, Ecuador con una Latitud: 0°22'S, Longitud: 78°33'0 y a una altura de 3050 m.s.n.m.

### **Diseño experimental**

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial A\*B+1, evaluando 8 tratamientos, con tres repeticiones. Para determinar la significancia estadística en las diferentes formulaciones se utilizó la prueba de comparación múltiple Tukey ( $p < 0,05$ ) mediante el paquete estadístico Infostat 2.

**Tabla 1..***Nivel de incorporación de almidón de A. xanthorrhiza moficada*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
T1	25 % AZB (ECU 18963) + 75 % HT
T2	50 % AZB (ECU 18963) + 50 % HT
T3	75 % AZB (ECU 18963) + 25 % HT
T4	100 % AZB (ECU 18963) + 0 % HT
T5	25 % AZB (ECU 18989) + 75 % HT
T6	50 % AZB (ECU 18989) + 50 % HT
T7	75 % AZB (ECU 18989) + 25 % HT
T8	100 % AZB (ECU 18989) + 0 % HT
Test	100 % HT

*Nota. AZB: Almidón de A. xanthorrhiza; HT: Harina de trigo*

### **Preparación de almidón**

Previo a la elaboración de los noodles en este estudio, se realizó la modificación del almidón de *A. xanthorrhiza*, a través de la pre-cocción del almidón en microondas (marca LG, 30s, 1000 watts de potencia), se tomaron muestras de 25, 50, 75 y 100 g de almidón, a continuación, se hidrataron con 30 % de agua. Las muestras se introdujeron en un horno microondas a una potencia de 900 W en un ciclo de 30 s cada una (Yılmaz & Tugru, 2023).

### **Preparación de noodles de A. xanthorrhiza**

Los noodles se elaboraron sustituyendo parcialmente la harina de trigo por almidón modificado de *A. xanthorrhiza* (Tabla I). Para cada mezcla se añadió 60 ml de agua y se homogenizó hasta obtener una masa homogénea. El control positivo se preparó con harina de trigo 100 % y 60 ml de agua. La masa se laminó a 3 mm de espesor y se troqueló en forma de fideos de pasta larga a través de una máquina de marca Marcato. El secado se realizó a 70 °C en una estufa Memmer hasta alcanzar 10 % de humedad. Los noodles se empacaron en fundas de polietileno que fueron selladas herméticamente (Ponce et al., 2018).

## **Caracterización química de almidón nativo vs almidón modificado**

### **Determinación de almidón total, amilosa y amilopectina de las noodles.**

Los contenidos totales de almidón se determinaron utilizando el método de amiloglucosidasa- $\alpha$ -amilasa (AOAC 996.11, 2018). El contenido de amilosa se determinó por el método espectrofotométrico establecido por la norma ISO 6647-1, 2021, mientras que la amilopectina se calculó restando el contenido de amilosa del contenido total de almidón.

### **Determinación de los componentes de la textura de noodles**

Los componentes de textura se determinaron utilizando un textuómetro TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, UK. Las mediciones se realizaron 10 min después de la cocción de los noodles, siguiendo el método AACC 74-09, 1999. Los ajustes del instrumento fueron del modo de tracción hasta ruptura: Velocidad de prueba 1mm/s. Los componentes que se determinaron fueron fracturabilidad, gomosidad y viscosidad.

### **Determinación de gluten húmedo**

la determinación del contenido de gluten húmedo de la harina de trigo, se determinó por el método de lavado manual (ISO 21415-1:2006).

### **Análisis sensorial**

Las muestras de noodles fueron sometidas a cocción durante 9 min. Se realizó con 10 panelistas semientrenados los cuales probaron 8 formulaciones de noodles elaborados con diferentes concentraciones de almidón de *A. xanthorrhiza* frente a un testigo con 100% harina trigo y otorgaron su valoración a los atributos color, olor, apariencia, sabor extraño, textura, regusto y firmeza, para lo cual se utilizó una escala estructurada de 10 puntos, siendo 1 la puntuación más baja y 10 la más alta (Castaño et al., 2019)

### **Análisis microbiológico**

Se realizó el recuento de mohos y levaduras según el método AOAC, 997.02, 2022; Aerobios mesófilos siguiendo la metodología establecida en AOAC 990.12, 2022; Coliformes totales mediante el método AOAC 991.14, 2022 y

*Staphylococcus Aureus* con la metodología establecida en la AOAC 2001.05, 2022.

## **Resultados y discusión**

### **Propiedades químicas del almidón nativo vs almidón modificado de *A. xanthorrhiza***

En la Tabla 2 se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los ecotipos de *A. xanthorrhiza* en estado nativo y modificado en las variables de amilosa y amilopectina, a diferencia del contenido de almidón total que no existe incidencia entre los resultados.

En cuanto al almidón total del ecotipo en estado nativo presentó valores 98,58 a 98,96 %; mientras que, los almidones modificados obtuvieron 56,75 % a 56,91%. De observo que, al modificar químicamente el almidón total disminuye significativamente, esto se debe por el tratamiento al cual fue sometido. Los resultados obtenidos, son similares con el estudio realizado por Salas-Cuestas (2018) quien reportó un contenido de almidón total de 56,49 % en arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) modificado por irradiación uv-c. Por otro lado, se menciona que el contenido de almidón total en estado nativos oscila entre 75 – 89 %, dependiendo del material vegetal, esta variabilidad depende de factores, como el estado de madurez de la materia prima, origen botánico y los métodos analíticos (Yaruro, 2018).

En el contenido de amilosa para los almidones nativos y modificados químicamente presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los ecotipos reportando valores comprendidos entre 16,65 a 30,39 % y 18,74 % y 34,12 % respectivamente. En el presente estudio, se observó un incremento considerable al modificar el almidón. Estos resultados son inferiores a lo reportado por Salas-Cuestas (2018) quien obtuvo 15,16 % de amilosa. De acuerdo con Yaruro (2018) la presencia de altos niveles de amilosa mejora la funcionalidad de los almidones, se ha demostrado que, a mayor contenido de amilosa, mayor capacidad de formación de película.

Para el contenido de amilopectina en los ecotipos nativos se demostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) obteniendo resultados entre 69,60 % y 83,35 %. Por otro lado, el almidón modificado de los dos ecotipos presentaron una disminución considerable reportando valores de 65,86 % y 79,03 %. Estos resultados son similares a los obtenidos por Menzel et al., (2015) quienes determinaron un contenido de 80 % en almidones de patata genéticamente modificados. Mientras que, Velásquez-Barreto et al., (2021) obtuvieron de 80 % - 95 % para en almidones nativos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*) y olluco (*Ullucus tuberosus*).

**Tabla 2**

*Contenido de almidón total, amilosa y amilopectina de los almidones nativos y modificados de A. xanthorrhiza*

Parámetros	Almidones en estado nativo		Almidones modificados	
	ECU 18963	ECU 18989	ECU 18963	ECU 18989
Almidón total %	98,58±0,54a	98,96±0,64a	56,75±0,01a	56,91±0,11a
Amilosa %	16,65±0,63a	30,39±0,16b	18,74±0,06a	34,12±0,02b
Amilopectina %	83,35±0,63b	69,60±0,16a	79,03±0,02b	65,86±0,14a

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95%*

### **Caracterización físico-químicas de noodles obtenidos a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo por almidón modificado de A. xanthorrhiza**

En la Tabla 3 se muestran las características físico-químicas (humedad, cenizas, proteína, acidez titulable y gluten) de los noodles obtenidas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de A. xanthorrhiza.

Los resultados mostraron que el contenido de humedad fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ), presentando un rango entre 6,21% a 10,14 %. De esta forma, se demostró que, en las muestras donde se utilizaron mayor concentración de almidón de zanahoria se obtuvo menor contenido de humedad. Sin embargo, los

resultados de los tratamientos se encuentran dentro del rango máximo establecido por norma técnica ecuatoriana “INEN 1375: 2014” que menciona que, una pasta alimenticia seca debe tener 14 % de humedad. Martínez-Mora et al., (2016) determinó una humedad de 9,80 % en pasta a partir de almidón de banano.

El contenido de ceniza presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), denotando que, el mayor valor se situó en el tratamiento testigo (0,70 %); mientras que, el menor valor en el T4 con 0,44 %. Esto demuestra que, a mayor concentración de harina de trigo, mayor es el contenido de ceniza. De acuerdo con Sirichokworrakita & Juthamat Phetkhuta (2015), el contenido de cenizas depende de la calidad de la harina, por tanto, corresponde al mayor contenido de minerales. Además, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1375:2014, que establece un máximo de 0,85 %.

En cuanto al contenido de proteína la mayor incidencia se obtuvo al emplear mayor concentración de harina de trigo, a diferencia del almidón de zanahoria, donde el contenido disminuyó considerablemente. Demostrando que, el Testigo (14,44) donde se utilizó 100 % harina de trigo fue estadísticamente diferente del T4 (1,17). Espinales-Zambrano (2020) al elaborar fideos (noodles) a partir de harina de trigo y chocho obtuvieron un contenido de proteína de 6,98 y 16,60. Según, González et al., (2021) las proteínas en la harina de trigo rondan entre el 9 % al 14 %; mientras que, la zanahoria blanca tiene aproximadamente 2,2%

Respecto al contenido de gluten los tratamientos que se emplearon mayor concentración de almidón de zanahoria, obtuvieron menor cantidad de gluten, en comparación, al utilizar la harina de trigo. Demostrando que, el tratamiento testigo (100 % harina de trigo) obtuvo 14,44 % de gluten y el T4 y T8 (100 % almidón de zanahoria de ECU 1863y ECU 18989) presentó una pequeña cantidad de 0,001 %. La zanahoria blanca, debido a que la actividad amilásica es baja, posee menor contenido de gluten (Adegunwa et al., 2012). Por su parte, Yao et al., (2020) al realizar fideos con almidón de trigo obtuvo un contenido de gluten entre 8,0 % y 11,6 %, mencionando que el trigo en estado natural tiene altas concentraciones de gluten (14-15%).

**Tabla 3**

*Características físico-químicas de noodles con sustitución parcial de almidón A. xanthorrhiza*

<b>Tratamientos</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Gluten (%)</b>
T1	7,44±0,24bc	0,50±0,01ab	10,65±0,15f	7,99±0,11g
T2	8,06±0,03d	0,62±0,03d	8,18±0,02d	4,09±0,01e
T3	8,64±0,42de	0,49±0,01ab	5,66±0,17c	1,42±0,04d
T4	9,22±0,13e	0,44±0,01a	1,17±0,03a	0,001±0,01a
T5	6,21±0,08a	0,54±0,01bc	11,73±0,07g	8,80±0,05h
T6	7,10±0,30b	0,53±0,03bc	8,58±0,12e	4,29±0,06f
T7	7,59±0,31bc	0,57±0,03cd	5,23±0,06b	1,31±0,02c
T8	10,01±0,52f	0,55±0,05bc	1,22±0,06a	0,001±0,0001a
TES.	10,14±0,05g	0,70±0,002e	14,44±0,14h	14,44±0,14i

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95%*

### **Caracterización reológica de los noodles con sustitución parcial y total de harina de trigo por almidón modificado de *A. xanthorrhiza*,**

En la Tabla 4 se puede observar los resultados obtenidos en las características reológicas (fracturabilidad, adhesividad y gomosidad) de los diferentes tratamientos estudiados.

Para el parámetro de fracturabilidad se puede observar que, en el T7 (0,0054) presentó la mayor fracturabilidad y los T1 (0,0063) y T5 (0,0057) obtuvieron una menor fracturabilidad, esto se debe a que la harina de trigo permite obtener un producto con mayor resistencia, es decir a ser menos quebradizos. Investigadores como Axentii et al., (2023) en su investigación demostraron, que, al reemplazar parcialmente la harina de trigo por harina de cañamo en la elaboración de fideos mostró una disminución en la fracturabilidad en comparación con la muestra control (100 % harina de trigo). Además, al producir pasta tipo espagueti a partir de harina de habas y camote presentaron un fracturabilidad  $<0,394$  (Giménez et al., 2013).

En relación a la adhesividad los T4 (6,5127) y T8 (7,4720), que presentaron valores más altos, en comparación al tratamiento testigo (2,2417) que posicionó la menor adhesividad. Kumalasari et al., (2021), en su investigación obtuvo una adhesividad inferior ( $7.66 \pm 6.41$ ) al elaborar fideos sin gluten. Cabe mencionar que, la adhesividad está relacionada con la cantidad de agua absorbida por la matriz durante el proceso de cocción, a medida que aumenta la cantidad de agua absorbida por el almidón se produce la solubilización de la amilosa en el agua de cocción y presencia de amilopectina en la superficie de los noodles, aumentando la adhesividad de la misma (Chigal, Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca [Tesis de posgrado], 2021).

En cuanto a la gomosidad, el T1 (0,0063) y T5(0,0057) reportaron un valor similar al tratamiento testigo (0,0054), siendo estadísticamente menor ( $p < 0,05$ ) de los tratamientos T4 (0,0883) y T8 (0,1177), es necesario mencionar que, los valores superiores se deben a que la concentración de almidón de *A. xanthorrhiza* fue mayor. La gomosidad se refiere a la cantidad de movimiento que el alimento podría soportar antes de desintegrarse (Rodríguez et al., 2018). Según Orlu et al., (2022) expuso que, al utilizar harina compuesta (trigo y plátano) en fideos instantáneos, obtuvieron una gomosidad entre 0,62 a 0,80%

**Tabla 4.**

*Caracterización reológica de noodles obtenidas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por almidón *A. xanthorrhiza**

<b>Tratamientos</b>	<b>Fracturabilidad</b>	<b>Adhesividad</b>	<b>Gomosidad</b>
T1	0,0063±0,0006ab	3,8103±0,24bc	0,0063±0,0006ab
T2	0,0077±0,0006d	4,0847±0,1358d	0,0077±0,0006d
T3	0,0287±0,012g	4,2163±0,2507de	0,0287±0,012g
T4	0,0883±0,0076gh	6,5127±0,3518i	0,0883±0,0076gh
T5	0,0057±0,0006a	3,7770±0,2998b	0,0057±0,0006a
T6	0,0083±0,0006de	4,6507±0,2606f	0,0083±0,0006de
T7	0,087±0,0006def	5,1730±0,3500g	0,087±0,0006def
T8	0,1177±0,0006h	7,4720±0,3279h	0,1177±0,0006h
TES.	0,0054±0,0030abc	2,2417±0,3202a	0,0054±0,0030abc

*Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) Tukey Nivel de confianza 95 %*

#### **Análisis del perfil sensorial de noodles elaborados con distintos niveles de harinas sustituidas con almidón de *A. xanthorrhiza*.**

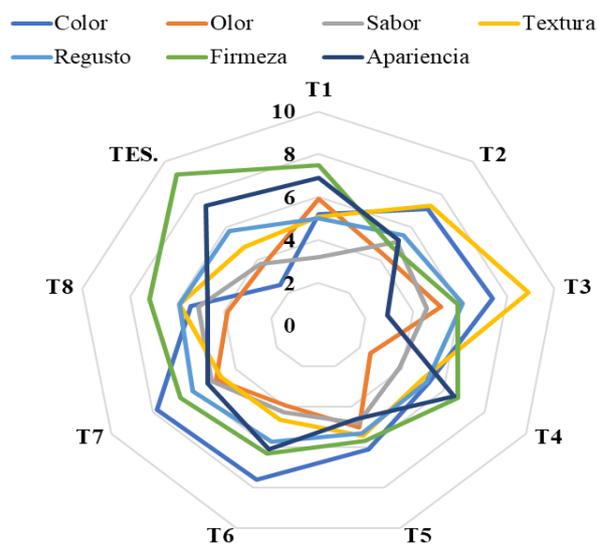
En la Figura 1. Se muestran los resultados de las características sensoriales (color, olor, apariencia, sabor extraño, textura, regusto y firmeza) de las noodles.

De acuerdo a las percepciones de los catadores el tratamiento testigo tiene un color crema, mientras que el T2, T3, T6 y T7 presentó una coloración marrón a diferencia de los demás tratamientos. El olor en el T1 y T5 son muy intensos en comparación al T4 que se denotó un olor poco apreciable. En cuanto al sabor, el T7 presento un sabor extraño muy intenso a diferencia de T1 que fue inapreciable. La textura en el T3 fue muy pegajosa mientras que el T6 obtuvo una textura no pegajosa. El regusto no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos frente al tratamiento testigo. La firmeza en el tratamiento testigo fue integra, al igual que los tratamientos T1 y T5, sucediendo lo contrario en el T2 que

sitúo una firmeza muy frágil. La apariencia en el tratamiento testigo fue agradable en comparación con el T3 que fue desagradable. Algunos investigadores al elaborar fideos con inclusión de harina de pan, konjac y calabaza obtuvieron excelentes resultados sensoriales y una buena aceptabilidad por parte de los consumidores, así como también con harina de yuca, trigo y soja (Purwandari et al.,2014). Por otro lado, Herawati et al., (2017) al utilizar harina de *Canna edulis Kerr* y almidón de *Arenga pinnata Merr* no presentaron alteraciones en los atributos sensoriales de los fideos.

**Figura 1.**

*Análisis del perfil sensorial de noodles elaborados con distintos niveles de harinas sustituidas con almidón de A. xanthorrhiza.*



**Conclusiones**

Los almidones obtenidos de los dos ecotipos de *A. xanthorrhiza* en estado nativo no difieren significativamente en la composición proximal, mientras que, en las propiedades fisicoquímicas se observó que, Ecu 18989 obtuvo un mayor pH (4,97), a diferencia de la acidez nos incidieron en su contenido. Respecto a las propiedades químicas de los almidones en estado nativo vs almidones modificados entre ambos ecotipos, se denotó que el contenido de almidón total y amilopectina disminuye; mientras que, la amilosa aumenta considerablemente. En cuanto a las características fisicoquímicas del producto elaborado (noodles) los tratamientos

estudiados presentaron diferencia significativa frente al tratamiento testigo, que situó los mayores valores. En relación al análisis de textura, los tratamientos situaron una fracturabilidad (0,0057 - 0,1177); adhesividad (2,2417 - 6,5127) y gomosidad (0,0057 - 0,087). Así como también, en el análisis sensorial, las muestras, presentaron una coloración marrón, además, el T7 obtuvo las mejores intensidades de olor (4,95), sabor (4,95), retrogusto (6,05) y firmeza (6,65).

## **Bibliografía**

- AACC 74-09. (1999). *Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine*.
- AACC. (2000). *Asociación Estadounidense de químicos de cereales (11 ed)*.
- AACC 66-50. (1999). *Approved methods of analysis: method 66-50. Pasta and noodle cooking quality firmness. 11ª ed. St. Paul, U.S.A. 3P*.
- Adegunwa, M., Bakare, H., & Akinola, O. (2012). Enrichment of Noodles with Soy Flour and Carrot Powder. *Nigerian Food Journal*, 30, 74-81. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30016-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30016-3)
- AOAC 2001.05. (2022). *Rapid enumeration of staphylococcus aureus in*.
- AOAC. (2016). *Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. (20nd ed.)*, Rockville, MD: AOAC International, 3172 .
- AOAC. (2018). *Official methods of analysis of AOAC international. 18. ed. Gaithersburg, Md.: AOAC International. ISBN: 0935584757. eng*.
- AOAC 920.85. (2018). *Extracto graso (crudo) o etéreo en harina*.
- AOAC 925.09. (2018). *Sólidos (totales) y pérdida por secado (humedad)*.
- AOAC 942.15. (2020). *Acid ity (Titratable)*.
- AOAC 978.10. (2018). *Fiber (crude)*.
- AOAC 990.12. (2022). *Aerobic plate count in foods. Dry rehydr*.
- AOAC 991.14. (2022). *Coliform and escherichia coli counts in*.
- AOAC 996.11. (2018). *Starch (total) in cereal products. Amyloglucos*.
- AOAC, 923.03. (2018). *Ash of flour. Direct method*.
- AOAC, 997.02. (2022). *Yeast and mold counts in foods. Dry rehy*.

- Aranivar, C. (2020). Universidad Nacional de Córdoba . *Utilización de chía (Salvia hispánica L.) en la formulación de productos tradicionales elaborados a base de harina de trigo*. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/548618/2020-Aranibar%20C.%20tesis%20doctoral.docx-9-FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ávalos, G. (2018). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. *Evaluación de dos emulsificantes y tres proporciones de mezclas de helado y yogur en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de helado de yogur sabor café*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2aa1009a-8343-4709-9316-e1182f57204c/content>
- Axentii, M., Stroe, S.-G., & Codină, G. G. (2023). Development and Quality Evaluation of Rigatoni Pasta Enriched with Hemp Seed Meal. *Foods* , 12(9), 1774. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12091774>
- Blandón, S. (2019). Obtenido de Desarrollo y formulación de una pasta libre de gluten: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1e9a242-56ae-4d2f-bf69-aaebe1c25bdc/content>
- Castaña, N., Villar, J., Divino, M., Boralli, C., Esteves, P., & Duarte, A. (2018). *International Journal of Biological Macromolecules. Structure and properties of starches from Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) roots*, 117, 1009-1038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.015>
- Castaña, N., Villar, J., Divino, M., Boralli, C., Esteves, P., & Duarte, A. (2018). Structure and properties of starches from Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) roots. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 1009-1038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.015>
- Castaño, F., Correa, D., & Agudelo, L. (2019). *Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas*, 22. <https://doi.org/doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1194>
- Chigal, P. (2021). *Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca* . Obtenido de <https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3052/Chigal%20MS-2021-ParametrosFisicoquimicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chigal, P. (2021). *Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca [Tesis de posgrado]*. <https://doi.org/https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3052/Chigal%20MS-2021-ParametrosFisicoquimicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chigal, P. (2021). *Parámetros físico químicos, texturales, sensoriales de pastas a base de fécula de mandioca [Tesis de posgrado]*. Obtenido de <https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3052/Chigal%20MS-2021-ParametrosFisicoquimicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chikara, N., Kushwaha, K., Jaglan, S., Sharma, P., & Panghal, A. (2018). *Nutritional, physicochemical, and functional quality of beetroot (Beta vulgaris L.) incorporated Asian noodles*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cche.10126>
- Cobo, C., Quiroz, M., & Santacruz, S. (2013). Avances en ciencias y tecnologías. *Sustitución parcial de trigo (Triticum aestivum) por zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza B.) en la elaboración de pan*. Retrieved from <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/140/142>
- Cobo, C., Quiroz, M., & Santacruz, S. (2018). Avances de ciencia y tecnología. *Sustitución parcial de trigo (Triticum aestivum) por zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza B.) en la elaboración de pan*. Retrieved from <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/140/142>
- Correa Medrano, G. C., Guidino Castañeda, P. D., & Llamojha Cuya, C. E. (2019). *Evaluación de la remoción de la turbidez de un sistema de coagulación mediante Almidón de la Arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Universidad Nacional del Callao. [https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC\\_b7d3d670172001ec08348cbf7c446e09/Details](https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_b7d3d670172001ec08348cbf7c446e09/Details)
- Dussán, S., Cruz, R. d., & Godoy, S. (2019). *Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro*. Retrieved from <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n6/0718-0764-infotec-30-06-00093.pdf>
- Dussán, S., Cruz, R. d., & Godoy, S. (2019). Estudio del Perfil de Aminoácidos y Análisis Proximal de Pastas Secas Extruidas a Base de Harina de Quinua y Harina de

Espinales-Zambrano, E. (2020). *Caracterización físico-química y tecnofuncional de pasta tipo spaghetti elaborado a partir de harinas de cultivos andinos infrutilizados y residuos agroindustriales*. Universidad Técnica de Ambato.  
<https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31411/1/AL%20749.pdf>

Giménez, M., González, R., Wagner, J. T., Lobo, M., & Samman, N. (2013). Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. *Food Chemistry*, 136, 538-545.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.068>

González, L., Guemes, N., Soto, S., Hernández, J., Quintero, A., & Piloni, J. (2021). *Propiedades de calidad de masas y fideos elaborados con harinas de chayotextle (Sechium edule)*, 41(1), 158-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.30219>

González, L., Guemes, N., Soto, S., Hernández, J., Quintero, A., & Piloni, J. (2021). Quality properties of doughs and noodles using chayotextle (*Sechium edule*) flours. *Food Science and Technology*, 41(1), 158-166.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.30219>

Gusque, N. (2022). *Utilización de harina de camote toquecita (Ipomoea batatas L.) para la elaboración de pasta larga*. Escuela politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17807/1/27T00552.pdf>

Herawati, E., Ariani, D., Miftakhussolikhah, E., Yosieto, E., Angwar, M., & Pranoto, A. (2017). Sensory and Textural Characteristics of Noodle Made of Ganyong Flour (*Canna edulis* Kerr.) and Arenga Starch (*Arenga pinnata* Merr.). *Conference Series: Earth and Environmental Science*, 101. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/101/1/012020>

Higuera, M., & Prado, R. (2013). Obtenido de Determinación de los parámetros óptimos de proceso para la elaboración de snacks a partir de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*):  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3452/1/03%20EIA%20337%20TESIS.pdf>

- Holm, J., Björck, I., & Drews, A. (1986). A Rapid Method for the Analysis of Starch. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.19860380704>
- ISO 21415-1. (2006). *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 1: Determinación del gluten húmedo mediante un método manual*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/35863.html>
- ISO 6647-1. (2021). *Determinación del contenido de amilosa*.
- Kumalasari, R., Sholichah, E., Haryanto, A., Hanifah, U., Indah-Mayasti, K., & Dwi-Yuniar, A. (2021). Evaluation of uniformity of physical and texture quality in manufacture of gluten-free noodles using single-screw extruders: a case study on local SMEs in Subang district-Indonesia. *Food Science and Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.82421>
- León, G., León, D., Monroy, M., & Herrera, A. (2020). Chemical modification of starches through esterification reactions and their potential use in the cosmetic industry. *Redylac*, 39, 620-626. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.4263365>
- León, G., León, D., Monroy, M., & Herrera, A. (2020). Redylac. *Chemical modification of starches through esterification reactions and their potential use in the cosmetic industry*, 39, 5, 620-626. <https://doi.org/doi.org/10.5281/zenodo.4263365>
- Londoño, S., Rincón, N., & Contreras, M. (2018). *Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-like starches and flours (Arracacia xanthorrhiza)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.201000155>
- Londoño, S., Rincón, N., & Contreras, M. (2018). Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-like starches and flours (Arracacia xanthorrhiza). *Int J Biol Macromol*, 113, 1188-1197. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.201000155>
- Martínez-Mora, E., Criollo-Feijoo, J., Silverio-Calderón, C., & Díaz-Torres, R. (2016). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo - almidón de banano. *Cumbres*, 4(1). <https://doi.org/http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres>

- Menzel, C., Andersson, M., Andersson, R., . Vázquez-Gutiérrez, J. L., Geoffrey, D., Langton, M., . . . Koch, K. (2015). Improved material properties of solution-cast starch films: Effect of varying amylopectin structure and amylose content of starch from genetically modified potatoes. *Carbohydrate Polymers*, *130*, 388-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.024>
- Moposita, D., Mejía, B., Dávalos, G., & Godoy, M. (2023). Polo del conocimiento. *Pasta enriched with quinoa flour (Chenopodium quinoa) and amaranth (Amaranthus)*. Retrieved from <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
- Moposita, D., Mejía, B., Dávalos, G., & Godoy, M. (2023). Polo del conocimiento. *Pasta enriched with quinoa flour (Chenopodium quinoa) and amaranth (Amaranthus)*. Retrieved from <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
- Morrison, W., & Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(83\)80004-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0733-5210(83)80004-6)
- NTC 282 . (1986). Obtenido de Harina de trigo (Métodos de ensayo): <https://vdocuments.mx/ntc-282pdf.html?page=1>
- NTE INEN . (1998). *Mohos y levaduras* . Obtenido de <https://ia801900.us.archive.org/5/items/ec.nte.1529.10.1998/ec.nte.1529.10.1998.pdf>
- NTE INEN 1375. (2014). Pastas Alimenticias o Fideos Secos. Requisitos. Obtenido de [http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/NORMAS\\_2014/ACO/17122014/nte-inen-1375-](http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/nte-inen-1375-)
- NTE INEN 1529-6. (1990). *Control microbiológico de los alimentos (Determinación de microorganismos coliformes)*. Obtenido de <https://ia801500.us.archive.org/26/items/ec.nte.1529.6.1990/ec.nte.1529.6.1990.pdf>
- NTE INEN 616. (2006). *Instituto ecuatoriano de normalización*. Obtenido de <https://ia802904.us.archive.org/14/items/ec.nte.0616.2006/ec.nte.0616.2006.pdf>
- NTE INEN-ISO 1666. (2014). *Almidones y féculas. Determinación del contenido en humedad, método de desecación en estufa (ISO 1666:1996, IDT)*. Obtenido de <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/index.php/s/Nm5Faq8TxrJ5N43>

- NTE-INEN 1529-14. (s.f.). *Staphylococcus aureus*. Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.1529.14.1998/page/n3/mode/2up>
- NTE-INEN 1529-5. (2006). Control microbiológico de los alimentos (Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos). Obtenido de <https://ia902906.us.archive.org/16/items/ec.nte.1529.5.2006/ec.nte.1529.5.2006.pdf>
- NTE-INEN 518. (1980). Obtenido de Harina de origen vegetal (Determinación de la pérdida por calentamiento): <https://archive.org/details/ec.nte.0518.1981/page/n2/mode/1up>
- NTE-INEN 520:2012. (2012). Obtenido de Harinas de origen vegetal (determinación de la ceniza): [https://archive.org/stream/ec.nte.0520.1981/ec.nte.0520.1981\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/ec.nte.0520.1981/ec.nte.0520.1981_djvu.txt)
- NTE-INEN 521. (1980). *Harinas de origen vegetal (Determinación de la acidez titulable)*. Obtenido de [https://archive.org/stream/ec.nte.0521.1981/ec.nte.0521.1981\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/ec.nte.0521.1981/ec.nte.0521.1981_djvu.txt)
- NTE-INEN 522. (1980). *Harinas de origen vegetal (determinación de la fibra cruda)*. Obtenido de <https://ia801902.us.archive.org/6/items/ec.nte.0522.1981/ec.nte.0522.1981.pdf>
- NTE-INEN 523. (1980). *Harinas de origen vegetal (Determinación de grasa)*. Obtenido de <https://ia802909.us.archive.org/25/items/ec.nte.0523.1981/ec.nte.0523.1981.pdf>
- NTE-INEN 519. (1980). *INEN*. Obtenido de Harinas de origen vegetal (Determinación de proteína): <https://ia802906.us.archive.org/28/items/ec.nte.0519.1981/ec.nte.0519.1981.pdf>
- Orlu, C., Akusu, O. M., Wordu, G. O., & Chibor, B. S. (2022). Physicochemical, Textural and Sensory Characteristics of Instant Noodles Produced from Wheat and Plantain Flour Blends, Spiced with Ginger. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2684-1827. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.6.549>
- Pinzon, M., Sanchez, L., & Villa, C. (2020). *Chemical, structural, and thermal characterization of starches from four yellow Arracacha (Arracacia xanthorrhiza) roots produced in Colombia*. Retrieved from [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(20\)31606-6.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(20)31606-6.pdf)

- Pinzon, M., Sanchez, L., & Villa, C. (2020). Chemical, structural, and thermal characterization of starches from four yellow Arracacha ( *Arracacia xanthorrhiza*) roots produced in Colombia. *Nacional Library of medicine*, 22(6), 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04763>
- Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2018). Scielo. *Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Lupino (Lupinus mutabilis Sweet) en la Producción de Pasta Larga*. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200195>
- Prerana, S., & Anupama, D. (2019). Influence of carrot puree incorporation on quality characteristics of instant. *J Food Process Eng*, 1-8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13270>
- Purwandari, U., Khoiri, A., Muchlies, M., Noriandita, B., Zeni, N., Lisdayana, N., & Fauziyah, E. (2014). Evaluación textural, de calidad culinaria y sensorial de fideos sin gluten elaborados con harina de fruta del pan, konjac o calabaza. . *Revista internacional de investigación alimentaria* , 21, 1623–1627.
- Robles, R., Rojas, A., Odriozola, I., Gonzáles, G., & Martin, O. (2013). Food science and technology. *Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes*. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.021>
- Rodríguez, G., Lizarazo, C., González, A., Montes, N., & Ruíz, R. (2018). *Effects of transglutaminase on the proximal and Effects of transglutaminase on the proximal and and quinoa*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Regulo-Ruiz-Salazar/publication/329571592\\_Effects\\_of\\_transglutaminase\\_on\\_the\\_proximal\\_and\\_textural\\_properties\\_of\\_gluten-free\\_bread\\_of\\_sorghum\\_and\\_quinoa/links/5c0ff74e4585157ac1bb987d/Effects-of-transglutaminase-on-the](https://www.researchgate.net/profile/Regulo-Ruiz-Salazar/publication/329571592_Effects_of_transglutaminase_on_the_proximal_and_textural_properties_of_gluten-free_bread_of_sorghum_and_quinoa/links/5c0ff74e4585157ac1bb987d/Effects-of-transglutaminase-on-the)
- Rodríguez, G., Lizarazo, C., González, A., Montes, N., & Ruíz, R. (2018). Effects of transglutaminase on the proximal and Effects of transglutaminase on the proximal and and quinoa. *Rev. Fac. Agron.* (, 35, 188-201. <https://doi.org/https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27271/27905>

- Rodríguez, M. (2019). *Evaluación de la remoción de la turbidez de un sistema de coagulación mediante almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5115/CORREA%20MEDRANO%20GIAN%20CARLO%20QUIMICA%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salas, S. (2018). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza ) MODIFICADO POR IRRADIACIÓN UV-C [Tesis de posgrado]*. Universidad del Tolima. <https://doi.org/https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3c49494-dd6f-4e1a-a959-b2d5a9430258/content>
- SALAS-CUESTAS, S. Y. (2018). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza ) MODIFICADO POR IRRADIACIÓN UV-C [Tesis de posgrado]*. Universidad del Tolima. <https://doi.org/https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3c49494-dd6f-4e1a-a959-b2d5a9430258/content>
- Sandoval, A. (2018). *Caracterización físico química y propiedades funcionales del almidón de Arracacha xanthorrhiza modificado por radiación UV-C*. Obtenido de <https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3c49494-dd6f-4e1a-a959-b2d5a9430258/content>
- Singh, J., Kaur, S., & Rasane, P. (2018). Evaluation of the Nutritional and Quality Characteristics of Black Carrot Fortified Instant Noodles. *Current Nutrition & Food Science*, 14(5), 442-449. <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/1573401313666170724115548>
- Sirichokworrakita, S., & Juthamat Phetkhuta, A. K. (2015). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz en la calidad de los fideos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.294>
- Torres, O. (2018). *Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo por pasta de mashua ((Tropaeolum tuberosum), y extracto de zanahoria (Daucus carota L)*. Obtenido de

[https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1465/OTJ\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1465/OTJ_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). *Scientia Agropecuaria. Propiedades funcionales de almidón de papa (Solanum tuberosum) y su modificación química por acetilación*, 7. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>
- Velásquez-Barreto, F. F., Bello-Pérez, L. A., Nuñez-Santiago, C., Yee-Madeira, H., & Velezmoro-Sánchez, C. E. (2021). Relationships among molecular, physicochemical and digestibility characteristics of Andean tuber starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 472-481. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.039>
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Scielo. *Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests*, 45(3), 271-278. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Technological characteristics and physiological interests. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278. <https://doi.org/https://doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>
- Yao, M., Li, M., Dhital, S., Tian, Y., & Guo, B. (2020). Texture and digestion of noodles with varied gluten contents and cooking time: The view from protein matrix and inner structure. *Food Chemistry*, 315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126230>
- Yaruro, N. (2018). *Evaluación de las propiedades físico químicas, térmicas y microestructurales del almidón de achira (Canna Edulis)*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69533/1143232250.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yaruro, N. (2018). *Evaluación de las propiedades físico químicas, térmicas y microestructurales del almidón de achira (Canna Edulis) [Tesis de posgrado]*. Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69533>
- Yaruro, N. (2018). *Evaluación de las propiedades físico químicas, térmicas y microestructurales del almidón de achira (Canna Edulis) [Tesis de posgrado]*.

Universidad Nacional de Colombia.

<https://doi.org/https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69533>

Yılmaz, A., & Tugru, N. (2023). Sonoquímica ultrasónica. *Efecto del tratamiento con ultrasonido-microondas y microondas-ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas del almidón de maíz.* 98.  
<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106516>

### C. Fotografías de análisis de materias primas y elaboración de noodles

- Análisis de materias primas



- Modificación del almidón

- 



- Elaboración de noodles



## D. Análisis estadístico de los noodles

### • Humedad

**RABS HUMEDAD** (Levene): HOMOGENEIDAD

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS HUMEDAD	27	0,488	0,260	88,930

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,354	8	0,044	2,142	0,0856
Fs. + BP.	0,354	8	0,044	2,142	0,0856 NS (SI)
Error	0,372	18	0,021		
Total	0,727	26			

**Shapiro-Wilks (modificado): NORMALIDA**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO HUMEDAD	27	0,000	0,235	0,955	0,5930 NS (SI)

**HUMEDAD**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
HUMEDAD	27	0,974	0,963	3,372

**RESULTADOS DEL ANOVA**

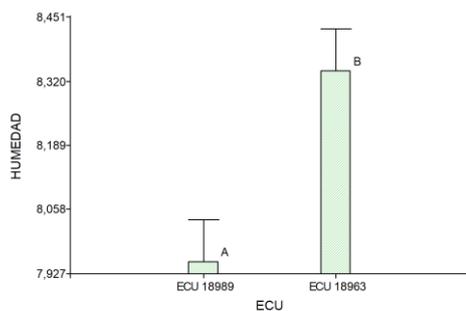
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
ECU	0,9144	1	0,9144	11,4836	0,0033 *S
% ALMIDÓN Z.	9,4013	3	3,1338	39,3577	0,0000 *S
ECU*% ALMIDÓN Z.	33,8257	3	11,2752	141,6078	0,0000 *S
HT100% VS ECU	10,6236	1	10,6236	133,4232	0,0000 *S
Error	1,4332	18	0,0796		
Total	56,1982	26			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,24199**

Error: 0,0796 gl: 18

ECU	Medias	n	E.E.
ECU 18989	7,950	12	0,086 A
ECU 18963	8,341	12	0,086 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

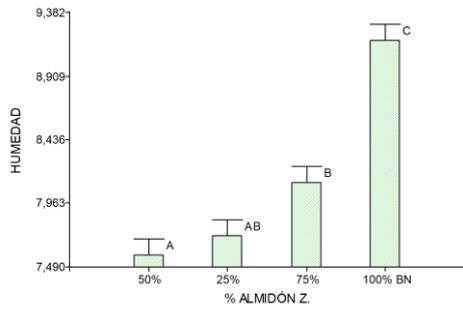


**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46038**

Error: 0,0796 gl: 18

% ALMIDÓN Z.	Medias	n	E.E.
50%	7,576	6	0,122 A
25%	7,717	6	0,122 A B
75%	8,116	6	0,122 B
100% BN	9,174	6	0,122 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



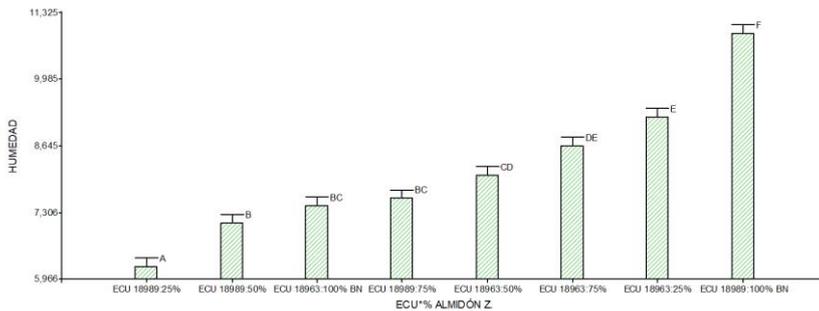
**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,78584**

Error: 0,0796 gl: 18

ECU	% ALMIDÓN Z.	Medias	n	E.E.				
ECU 18989	25%	6,210	3	0,172				
ECU 18989	50%	7,095	3	0,172			B	
ECU 18963	100% BN	7,439	3	0,172			B	C
ECU 18989	75%	7,588	3	0,172			B	C
ECU 18963	50%	8,056	3	0,172			C	D
ECU 18963	75%	8,644	3	0,172				D
ECU 18963	25%	9,224	3	0,172				E
ECU 18989	100% BN	10,909	3	0,172				E

F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

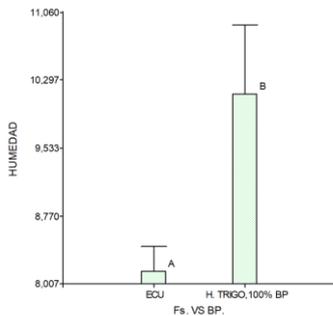


**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,36298**

Error: 0,0796 gl: 18

Fs. VS BP.	Medias	n	E.E.	
ECU	8,146	24	0,276	A
H. TRIGO,100% BP	10,142	3	0,780	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



• **Cenizas**

**RABS CENIZAS** (Levene): HOMOGENEIDAD

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS CENIZAS	27	0,462	0,223	92,183

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,002	8	0,000	1,935	0,1166
Fs. + BP.	0,002	8	0,000	1,935	0,1166 NS (SI)
Error	0,003	18	0,000		
Total	0,005	26			

**Shapiro-Wilks (modificado): NORMALIDA**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO CENIZAS	27	0,000	0,020	0,967	0,8090 NS (SI)

**CENIZAS**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CENIZAS	27	0,931	0,901	4,321

**RESULTADOS DEL ANOVA**

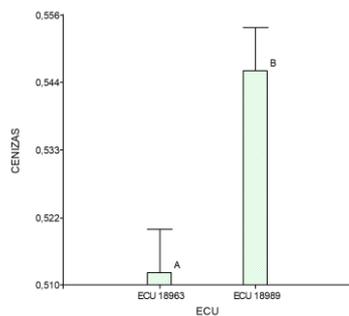
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
ECU	0,0070	1	0,0070	12,4362	0,0024 *S
% ALMIDÓN Z.	0,0189	3	0,0063	11,2388	0,0002 *S
ECU*% ALMIDÓN Z.	0,0369	3	0,0123	21,9215	0,0000 *S
HT100% VS ECU	0,0742	1	0,0742	132,2662	0,0000 *S
Error	0,0101	18	0,0006		
Total	0,1470	26			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02101**

Error: 0,0006 gl: 18

ECU	Medias	n	E.E.
ECU 18963	0,512	12	0,007 A
ECU 18989	0,547	12	0,007 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

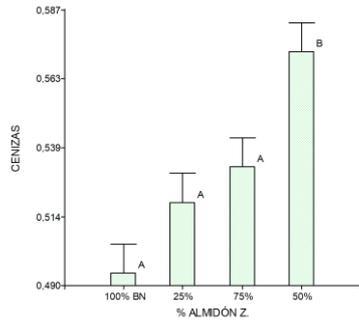


**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03997**

Error: 0,0006 gl: 18

% ALMIDÓN Z.	Medias	n	E.E.
100% BN	0,495	6	0,010 A
25%	0,519	6	0,010 A
75%	0,532	6	0,010 A
50%	0,572	6	0,010 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

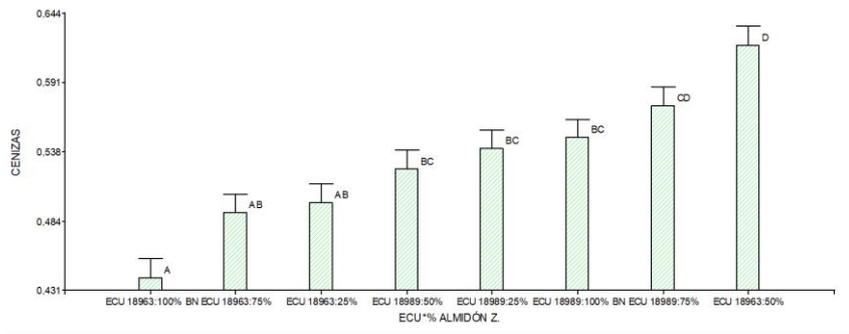


**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06823**

Error: 0,0006 gl: 18

ECU	% ALMIDÓN Z.	Medias	n	E.E.			
ECU 18963	100% BN	0,441	3	0,014	A		
ECU 18963	75%	0,491	3	0,014	A	B	
ECU 18963	25%	0,499	3	0,014	A	B	
ECU 18989	50%	0,525	3	0,014		B	C
ECU 18989	25%	0,540	3	0,014		B	C
ECU 18989	100% BN	0,548	3	0,014		B	C
ECU 18989	75%	0,573	3	0,014			C
ECU 18963	50%	0,620	3	0,014			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

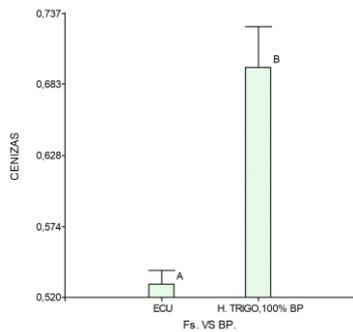


**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,03151**

Error: 0,0006 gl: 18

Fs. VS BP.	Medias	n	E.E.	
ECU	0,529	24	0,011	A
H. TRIGO,100% BP	0,696	3	0,031	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



- **Proteína**

**RABS PROTEÍNA** (Levene): **HOMOGENEIDAD**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS PROTEÍNA	27	0,346	0,055	95,242

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,032	8	0,004	1,188	0,3586
Fs. + BP.	0,032	8	0,004	1,188	0,3586 NS (SI)
Error	0,061	18	0,003		
Total	0,093	26			

**Shapiro-Wilks (modificado): NORMALIDA**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO PROTEÍNA	27	0,000	0,086	0,932	0,2372 NS (SI)

**PROTEÍNA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PROTEÍNA	27	1,000	0,999	1,395

**RESULTADOS DEL ANOVA**

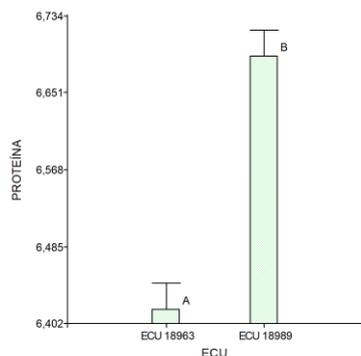
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
ECU	0,4505	1	0,4505	41,9424	0,0000	*S
% ALMIDÓN Z.	328,6461	3	109,5487	10198,9408	0,0000	*S
ECU*% ALMIDÓN Z.	1,8377	3	0,6126	57,0296	0,0000	*S
HT100% VS ECU	165,8839	1	165,8839	15443,7284	0,0000	*S
Error	0,1933	18	0,0107			
Total	497,0116	26				

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,08872**

Error: 0,0107 gl: 18

ECU	Medias	n	E.E.	
ECU 18963	6,417	12	0,028	A
ECU 18989	6,691	12	0,028	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

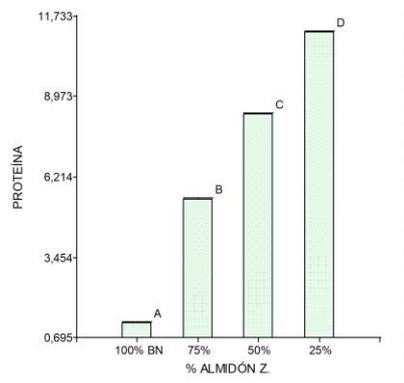


**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16879**

Error: 0,0107 gl: 18

% ALMIDÓN Z.	Medias	n	E.E.	
100% BN	1,197	6	0,040	A
75%	5,446	6	0,040	B
50%	8,382	6	0,040	C
25%	11,191	6	0,040	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

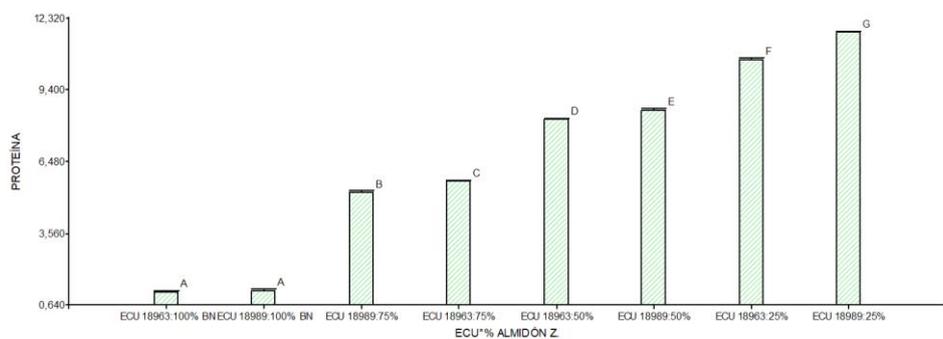


**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28812**

Error: 0,0107 gl: 18

ECU	% ALMIDÓN Z.	Medias	n	E.E.	
ECU 18963	100% BN	1,171	3	0,056	A
ECU 18989	100% BN	1,222	3	0,056	A
ECU 18989	75%	5,227	3	0,056	B
ECU 18963	75%	5,664	3	0,056	C
ECU 18963	50%	8,182	3	0,056	D
ECU 18989	50%	8,583	3	0,056	E
ECU 18963	25%	10,650	3	0,056	F
ECU 18989	25%	11,732	3	0,056	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

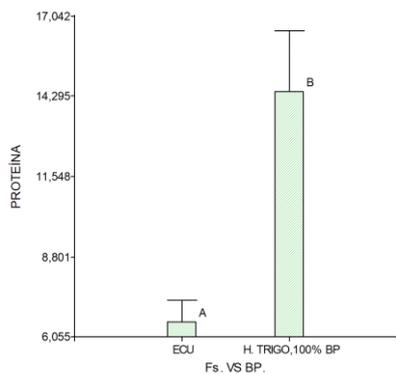


**Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,13308**

Error: 0,0107 gl: 18

Fs. VS BP.	Medias	n	E.E.	
ECU	6,554	24	0,743	A
H. TRIGO, 100% BP	14,441	3	2,101	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



- **Gluten**

**RABS GLUTEN** (Levene): HOMOGENEIDAD

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS GLUTEN	27	0,504	0,283	119,448

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,027	8	0,003	2,285	0,0693
Fs. + BP.	0,027	8	0,003	2,285	0,0693 NS (SI)
Error	0,027	18	0,001		
Total	0,053	26			

**Shapiro-Wilks (modificado): NORMALIDA**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO GLUTEN	27	0,000	0,056	0,889	0,0179 *S (NO)

**Prueba de Friedman**

T <sup>2</sup>	p
1E030	<0,0001 *S

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n
ECU 18989,100% BN	4,500	1,500	3 A
ECU 18963,100% BN	4,500	1,500	3 A B
ECU 18989,75%	9,000	3,000	3 C
ECU 18963,75%	12,000	4,000	3 D
ECU 18963,50%	15,000	5,000	3 E
ECU 18989,50%	18,000	6,000	3 F
ECU 18963,25%	21,000	7,000	3 G
ECU 18989,25%	24,000	8,000	3 H
H. TRIGO,100% BP	27,000	9,000	3 I