



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE VASOS  
COMESTIBLES ELABORADOS A PARTIR DE HARINA DE  
TRIGO, SORGO Y PULPA DE CAFÉ (*Coffea arábica*)**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CELIA CHIPANA QUIÑONEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



# CELIA CHIPANA QUIÑONEZ

## DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE VASOS COMESTIBLES ELABORADOS A PARTIR DE HARINA DE TRIGO, SORGO Y PUL...

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega  
tm:oid::8254:497524627

72 páginas

Fecha de entrega  
12 sep 2025, 11:02 a.m. GMT-5

13.747 palabras

Fecha de descarga  
12 sep 2025, 11:26 a.m. GMT-5

77.876 caracteres

Nombre del archivo  
TESIS FINAL-Celia Chipana.pdf

Tamaño del archivo  
909.3 KB





## 4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

### Fuentes principales

- 3% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**  
350 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dra. Alicia Magaly Leon Tacca  
DOCENTE  
E.P. ING. AGRICULTURA - F.C.A.  
UNA - PUNO

Dr. Ulises Alvarado M.  
Subdirector de Investigación  
EPIA1





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE VASOS COMESTIBLES**  
**ELABORADOS A PARTIR DE HARINA DE TRIGO, SORGO Y PULPA DE CAFÉ**  
*(Coffea arábica)*

TESIS PRESENTADA POR:  
**CELIA CHIPANA QUIÑONEZ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:




**PRESIDENTE:**

  
.....  
Ph.D. JUAN MARCOS ARO ARO


**PRIMER MIEMBRO:**

  
.....  
Dr. SAÏRE ROENFI GUERRA LIMA

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
.....  
Dra. MARIENELA CALSIN CUTIMBO

**ASESOR DE TESIS:**

  
.....  
Dra. ALICIA MAGALY LEON TACCA

**ÁREA:** Ingeniería y Tecnología

**TEMA:** Propiedades físicas y estructurales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 09 de setiembre de 2025**



## DEDICATORIA

A mi querida madre cuya tenacidad y esfuerzo me han impulsado y animado a lo largo de toda mi vida. Ella enfrentó numerosos obstáculos y barreras y nunca dejó de luchar por mi bienestar y educación. Ha sido mi principal motivación para alcanzar mis metas. Valoro y agradezco todo el esfuerzo que hiciste por mí, mamá.

A mi querido padre, quien me enseñó los valores de honestidad, constancia, entusiasmo y pasión en cada paso que realizo. Aunque en ocasiones ha sido complicado lidiar con su intransigencia, siempre hepreciado su lealtad, esfuerzo y tenacidad en cada una de las cosas que hace y siempre me brindó su apoyo incondicional.

A mis queridas hermanas que siempre han estado ahí para mí, apoyándome en cada paso, sus consejos que me impulsaron a continuar ante cualquier dificultad y nunca rendirme.

**Celia Chipana Quiñonez**



## AGRADECIMIENTOS

Dedico este logro a Dios por concederme la vida, por brindarme las oportunidades de aprender día a día.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por su formación profesional, por haber brindado conocimientos y por fomentar en mí la investigación y la innovación.

A mi asesora de tesis, Dra. Alicia Magaly Leon Tacca, al Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza mi co-asesor de tesis, y al M.Sc. Arnold Javier Quispe Quispe, por su ayuda, comprensión y recomendaciones durante la investigación. Sus importantes recomendaciones han sido clave para alcanzar los objetivos propuestos.

Finalmente agradecer a cada una de las personas que me han estado motivando a lo largo del proceso de culminación de esta tesis.

**Celia Chipana Quiñonez**



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ACRÓNIMOS**

**CARTA DE ACEPTACIÓN DE PUBLICACIÓN**

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

<b>1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA SOBRE EL USO DE ENVASES PLÁSTICOS EN GENERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. PRODUCCIÓN DE ENVASES COMESTIBLES.....</b>	<b>17</b>
1.2.1. Principales materias primas en el desarrollo de envases comestibles.....	17
1.2.2. Tecnologías en el desarrollo de envases comestibles .....	18
1.2.3. Propiedades de vasos comestibles.....	19
1.2.4. Biodegradabilidad de envases comestibles .....	19
<b>1.3. PULPA DE CAFÉ (<i>Coffea arábica</i>).....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. ALCANCES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Objetivo general .....	21
1.4.2. Objetivos específicos .....	21

## **CAPÍTULO II. ARTÍCULO ACEPTADO**



**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE VASOS COMESTIBLES  
ELABORADOS A PARTIR DE HARINA DE TRIGO, SORGO Y PULPA DE  
CAFÉ (*Coffea arábica*)**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
2.2.1. Materiales .....	25
2.2.2. Formulaciones utilizadas para producir vasos comestibles .....	26
2.2.3. Producción de vasos comestibles .....	26
2.2.4. Métodos de análisis .....	27
2.2.5. Análisis estadístico .....	31
<b>2.3. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
2.3.1. Producción de vasos comestibles .....	32
2.3.2. Color.....	33
2.3.3. Proteína y fibra .....	34
2.3.4. Dureza .....	35
2.3.5. Absorción de agua.....	35
2.3.6. Resistencia a Líquido .....	36
2.3.7. Biodegradabilidad .....	37
<b>2.4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
2.4.1. Color.....	38
2.4.2. Contenido de proteínas y fibra .....	39
2.4.3. Dureza .....	39
2.4.4. Absorción de agua.....	40
2.4.5. Resistencia a líquido .....	40



2.4.6. Biodegradabilidad .....	41
<b>2.5. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO III. ARTICLE ACCEPT</b>	
<b>DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF EDIBLE CUPS MADE FROM WHEAT, SORGHUM, AND COFFEE PULP FLOUR (<i>Coffea arabica</i>)</b>	
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>44</b>
<b>2.6. INTRODUCTION.....</b>	<b>45</b>
<b>2.7. MATERIALS AND METHODS .....</b>	<b>47</b>
2.7.1. Materials.....	47
2.7.2. Formulations used to produce edible cups .....	47
2.7.3. Production of edible cups.....	48
2.7.4. Methods of analysis.....	49
2.7.5. Statistical analysis .....	52
<b>2.8. RESULTS .....</b>	<b>53</b>
2.8.1. Production of edible cups.....	53
2.8.2. Color.....	54
2.8.3. Protein and fiber .....	55
2.8.4. Hardness .....	56
2.8.5. Water absorption .....	56
2.8.6. Resistance to liquids.....	57
2.8.7. Biodegradability .....	58
<b>2.9. DISCUSSION .....</b>	<b>59</b>
2.9.1. Color.....	59
2.9.2. Protein and fiber content .....	59
2.9.3. Hardness .....	60



2.9.4. Water absorption .....	60
2.9.5. Resistance to liquids.....	61
2.9.6. Biodegradability .....	62
<b>2.10. CONCLUSIONS .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>70</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Ingredientes utilizados para la elaboración de los vasos comestibles.....	26
<b>Tabla 2</b> Evaluación del color (CIE L*, a*, b*) en vasos comestibles y el respectivo vaso Control .....	33
<b>Tabla 3</b> Análisis de humedad, proteínas y fibra de los vasos comestibles y del vaso Control .....	34
<b>Tabla 4</b> Valores de dureza de los vasos comestibles y del vaso Control .....	35
<b>Tabla 5</b> Resultados de resistencia al líquido de los vasos comestibles y del vaso Control .....	37



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Vasos comestibles elaborados con harinas de trigo, sorgo y pulpa de café	32
<b>Figura 2</b> Gráfica del porcentaje de absorción de agua en función del tiempo de los vasos comestibles de los tres tratamientos estudiados y el vaso Control ...	36
<b>Figura 3</b> Variación de la tasa de biodegradabilidad de los vasos comestibles y del vaso Control.....	38



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1.</b> Parámetros de color de los diferentes tratamientos de vasos comestibles ..	70
<b>ANEXO 2.</b> Tasa de biodegradabilidad de los vasos comestibles y de vaso Control .....	70



## ACRÓNIMOS

OMS:	Organización Mundial de la Salud
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ANOVA:	Análisis de Varianza
HPC:	Harina de pulpa de café
HT:	Harina de trigo
HS:	Harina de sorgo
CENTA:	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria
AOAC:	Asociación Internacional de Químicos Analíticos Oficiales
DE:	Desviación estándar
WAC:	Absorción de agua
DCA:	Diseño Completamente al Azar
MIDAGRI:	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
T:	Tratamientos



## CARTA DE ACEPTACIÓN DE PUBLICACIÓN

En base al reglamento de titulación alternativa, se llevó a cabo la tesis en formato de artículo científico para su revisión en la revista Coffee Science, que está indexada en SCOPUS – Q3. Dicha revista solo acepta publicaciones en inglés, razón por la cual expongo en ese idioma. Después de un riguroso proceso de revisión por pares. Seguidamente, se muestra la carta de aceptación para su publicación emitida por la revista indexada.

### [CS] Editor Decision

2025-07-02 12:07 PM

Celia Chipana Quiñonez,

- -

It is a pleasure to inform you that your submission to Coffee Science - ISSN 1984-3909, "Development and characterization of the properties of edible cups made from wheat, sorghum, and coffee pulp (*Coffea arabica*) flour" has been accepted in its current form for publication. Thank you for your valued contribution. On behalf of the Coffee Science Board, we look forward to your continued contributions to the Journal.

Our decision is to: Accept Submission

Sincerely,

Coffee Science Editorial Office



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA SOBRE EL USO DE ENVASES PLÁSTICOS EN GENERAL

En el mundo actual el uso excesivo de plásticos y otros materiales no biodegradables ha provocado una crisis ambiental a nivel mundial. La producción de plásticos ha experimentado un crecimiento exponencial, llegando a superar los 460 millones de toneladas anuales, siendo una parte considerable envases de un solo uso (OCDE, 2022). Se estima que entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plástico se vierten en los océanos anualmente (Habla et al., 2023; Nehra et al., 2022).

Pese a los intentos de fomentar el reciclaje, solo aproximadamente el 9% del plástico se recicla de manera eficaz, mientras que el resto son quemados o botados en vertederos y en el entorno (Geyer et al., 2017). Los vasos desechables tradicionales, mayormente hechos de plástico y papel con recubrimientos químicos, contribuyen significativamente a la contaminación ambiental y esto es uno de los problemas ambientales más críticos a nivel mundial ya que los productos plásticos de un solo uso, como vasos y cubiertos, representan una parte significativa de estos residuos, contribuyendo a la degradación de los ecosistemas terrestres y marinos. Además, estos vasos pueden contener aditivos tóxicos, como el bisfenol A (BPA), que se filtran en los alimentos o bebidas al entrar en contacto con el plástico, especialmente si se utilizan para líquidos calientes, lo cual se asocia con problemas de salud (Olea et al., 2023). Varias investigaciones científicas han evidenciado la existencia de partículas de plástico en alimentos, agua de consumo e incluso en tejidos humanos, provocando inquietud por sus



efectos tóxicos a largo plazo (Wright & Kelly, 2017). Por ello, es crucial explorar opciones sustentables, como reemplazar estos productos por vasos reutilizables, comestibles y biodegradables fabricados con almidones, harinas y otros componentes naturales.

## **1.2. PRODUCCIÓN DE ENVASES COMESTIBLES**

Hoy en día el desarrollo o producción de envases comestibles ha tomado gran interés debido a la reducción de plásticos, tal es el caso de estudios en donde elaboraron tazas comestibles a partir de harina de trigo, huevo, mantequilla y posos de café, lo cual mostraron características adecuadas, color y textura (Sutthida et al., 2019). Por otro lado, Sood & Deepshikha (2018) desarrollaron platos comestibles a partir de harina de arroz, sorgo y extracto de espinaca para mejorar su valor nutricional y tuvo buena aceptación de parte de los consumidores, y Liu et al. (2020) lograron crear vajillas totalmente naturales, biodegradables y resistentes al agua y al aceite, utilizando fibras de caña de azúcar y bambú. Por otro lado Shulga *et al.* (2023) desarrollaron vasos comestibles biodegradables tipo galleta, cuyo base era de pectina o alcohol polivinílico, este vaso podía sostener bebida caliente de 20 min a 1 hora debido a las paredes gruesas y hecho de galleta.

### **1.2.1. Principales materias primas en el desarrollo de envases comestibles**

En el desarrollo de envases comestibles implica la utilización de ingredientes naturales que aportan estructura, barrera, entre ellos están los polisacáridos, proteínas, lípidos y otros ingredientes y aditivos funcionales, que son utilizados para formar películas comestibles por su formalidad y accesibilidad (Javanan & Sadeghi, 2020). Así como también proteínas, como de soya y gluten de trigo lo cual tiene propiedades de buena resistencia mecánica (Galus &



Kadzinska, 2015). Los lípidos también están presentes en la elaboración de envases comestibles, para mejorar su impermeabilidad (Nilsuwan et al., 2021).

El sorgo es un cereal que tiene su origen en noreste de África y llegó a Latina a través de China y Estados Unidos y que en los últimos años este producto ha estado creciendo en la producción, siendo el quinto producto más cultivado a nivel mundial después del trigo, maíz, arroz y cebada, que, por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas adversas, especialmente su resistencia a la sequía en comparación con otros cultivos. Se destaca por su alto contenido de almidón y fibra (75-90% fibra insoluble y 10-25% fibra soluble) (Ananda et al., 2020), se utilizan en envases debido a su dureza, ya que proporcionan mejor textura, promueven la durabilidad y contribuyen al valor nutricional de envases comestibles como conos de helado (Kigozi et al., 2014). El sorgo contiene un alto contenido de fibra. La prolamina (como las kafirinas) y las proteínas no prolamínicas (como las globulinas, gluteninas y albúminas) son dos tipos de proteínas de sorgo (Ananda et al., 2020). El trigo contiene proteínas específicas como la gliadina y la glutenina que, al mezclarse con agua, forman una red de gluten que proporciona elasticidad y tenacidad a la masa, manteniendo su forma en el horno y dándole estructura y cuerpo (Rajendran et al., 2020).

### **1.2.2. Tecnologías en el desarrollo de envases comestibles**

Satheesh et al. (2021), señala que los envases comestibles es una galleta crujiente y reconstituida de galleta horneada, aglomerados en su interior un aglutinante que consiste en al menos un carbohidrato y grasa, la galleta tiene la característica de mantener crujiente a temperatura negativa durante su almacenamiento. Los vasos comestibles necesitan tecnologías que, además de



proporcionarles forma y resistencia estructural, garanticen estabilidad térmica, resistir el contacto constante con líquidos sin deteriorarse, y por ello en la actualidad existen tecnologías que son usadas para la producción de estos envases como el moldeo por horneado, para vasos tipo galleta (Noor et al., 2011). Otra de las tecnologías es la impresión 3D de alimentos, esta tecnología permite imprimir mezclas gelificadas (Tracey et al., 2022).

### **1.2.3. Propiedades de vasos comestibles**

En términos mecánicos, deben poseer la suficiente resistencia estructural y rigidez para permanecer firmes durante su utilización, además de resistencia al calor si están diseñados para bebidas calientes como el café.

La resistencia a los líquidos determina el objetivo principal de un vaso comestible: la capacidad de mantener la integridad bajo la influencia de la humedad a lo largo del tiempo, es decir, los vasos comestibles con mayor resistencia a los líquidos son los de mayor interés práctico (Makarova & Eremeeva, 2021). El vaso comestible requiere un bajo contenido de agua y capacidad de retención de agua.

### **1.2.4. Biodegradabilidad de envases comestibles**

Los envases biodegradables, fabricados con componentes naturales como las proteínas, polisacáridos o lípidos, son biodegradables, dado que se degradan con facilidad por organismos biológicos como bacterias, hongos, agua y sol, sin dejar restos tóxicos (Karry, 2024).



### **1.3. PULPA DE CAFÉ (*Coffea arábica*)**

En Perú y a nivel mundial, el cultivo del café es un sector agrícola vital que impacta tanto la economía como el medio ambiente (I.C.O., 2023; Klingel et al., 2020). La pulpa de café es el principal residuo de la industria del café y no se utiliza adecuadamente. Posee un alto contenido de nutrientes como carbohidratos, proteína, fibra dietética y minerales, y posee componentes bioactivos como antioxidantes, anticancerígenos, antidiabéticos, antiinflamatorios, antifúngicos y antimicrobianos (Gemachu, 2020). Durante su procesamiento se generan diferentes tipos de residuos, siendo la pulpa de café el principal. Por cada dos toneladas de café producidas, una tonelada corresponde a la pulpa, representando el 42% del peso seco del fruto del café (Arteaga et al., 2021). El alto volumen de pulpa puede ser un problema ambiental ya que a menudo es enterrada o vertida en los ríos, lo que contribuye y agrava el daño ambiental (Blumenthal et al., 2022). Geremu et al. (2016); Zambrano-Franco & Isaza (1998) afirman que la pulpa de café es extremadamente tóxica y contaminante debido a su contenido de cafeína, minerales, aminoácidos, taninos, fenoles y otros polifenoles.

### **1.4. ALCANCES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Este estudio propone utilizar ingredientes accesibles y funcionales, tales como la harina de trigo, sorgo y pulpa de café (un residuo de la agroindustria) para desarrollar vasos comestibles que ayuden a minimizar desechos y favorecer la economía circular. Asimismo, la investigación contribuye a la creación de materiales biodegradables, con posibles usos en el sector alimentario y en concordancia con los objetivos de sostenibilidad ambiental. Por lo que se proponen los siguientes objetivos:



#### **1.4.1. Objetivo general**

Desarrollar y caracterizar vasos comestibles elaboradas a partir de harina de trigo, sorgo y pulpa de café (*Coffea arábica*).

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades fisicoquímicas (color, humedad, proteína y fibra) de los vasos comestibles de harina de trigo, sorgo y pulpa de café.
- Evaluar las propiedades estructurales (dureza, absorción de agua, resistencia a líquido) de los vasos comestibles de harina de trigo, sorgo y pulpa de café.
- Evaluar la biodegradabilidad de los vasos comestibles de harina de trigo, sorgo y pulpa de café.



## CAPÍTULO II. ARTÍCULO ACEPTADO

### 2. DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE VASOS COMESTIBLES ELABORADOS A PARTIR DE HARINA DE TRIGO, SORGO Y PULPA DE CAFÉ (*Coffea arábica*)

Celia Chipana Quiñonez <sup>1</sup>; Arnold Javier Quispe Quispe <sup>2</sup>; Alicia Magaly Leon Tacca <sup>1</sup>;  
Wenceslao Teddy Medina Espinoza <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

<sup>2</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,  
Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.

#### RESUMEN

El uso de envases de plástico está aumentando enormemente, lo que genera inquietudes sobre su disposición inadecuada y su contribución a la contaminación ambiental. El estudio tuvo como objetivo desarrollar y caracterizar vasos comestibles elaborados con harina de trigo y sorgo, incorporando harina de pulpa de café en su formulación. Los porcentajes utilizados de estas harinas en los tres tratamientos estudiados fueron T1: 50-38-2 %; T2: 40-45-5 %; y T3: 30-52-8 %, respectivamente, y 10 % de almidón de maíz en todos ellos. Se analizaron el color, la dureza, la capacidad de absorción de agua, la resistencia a líquidos (agua destilada a 20-25 y 75-80 °C), la biodegradabilidad y el análisis de fibra y proteína de los vasos obtenidos. Para el análisis se empleó el DCA con ANOVA con prueba de Tukey a  $p < 0,05$ . Los resultados, en comparación con un vaso comestible comercial, mostraron un color de vaso aceptable y



un alto contenido de proteína (~11,8 %) y fibra (~3,62 %); Los valores de dureza (~37 N para T1 y T2 y ~42 N para T3) fueron menores. T2-T3 exhibió baja capacidad de absorción de agua y resistencia a líquidos a 25 °C (~28 % a los 30 min y ~165 min a 25 °C, respectivamente), mientras que T2 y T3 presentaron alta estabilidad en agua a 80 °C (~110 min). Los vasos comestibles desarrollados exhibieron una alta tasa de biodegradabilidad (~63 %), descomponiéndose en ~12 días. La inclusión de harina de pulpa de café como ingrediente en la fabricación de vasos comestibles permite obtener envases con buena integridad estructural y propiedades físicas superiores a las de los envases comestibles disponibles comercialmente.

**Palabras clave:** Tazas comestibles; Propiedades físicas; Biodegradable; Cáscara de café.

## 2.1. INTRODUCCIÓN

La producción de vasos desechables convencionales, hechos principalmente de plástico y papel recubiertos con químicos, aumenta anualmente (Simantiris, 2024). La producción masiva y la eliminación de artículos de plástico, incluyendo cucharas y vasos desechables, ha aumentado cada año. De hecho, entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plástico se vierten en los océanos anualmente (Habla et al., 2023; Nehra et al., 2022). La eliminación inadecuada de estos materiales contribuye a la contaminación ambiental. Los vasos de plástico son materiales no biodegradables, ya que pueden permanecer en el medio ambiente durante miles de años sin degradarse, lo que contribuye a la acumulación de residuos plásticos en vertederos, océanos y otros ecosistemas naturales. Además, estos vasos pueden contener aditivos tóxicos, como el bisfenol A (BPA), que se filtran en los alimentos o bebidas al entrar en contacto con el plástico, especialmente si se utilizan para líquidos calientes, lo cual se asocia con problemas de salud (Olea et al., 2023). Por lo



tanto, es fundamental buscar alternativas sostenibles, como sustituir estos productos por vasos reutilizables, comestibles y biodegradables elaborados con almidones, harinas y otros ingredientes naturales (Hazra & Sontakke, 2023).

Las tazas comestibles elaboradas con harina de trigo, huevo y mantequilla se incluyen en esta tendencia (Sutthida et al., 2019). Por otro lado, Sood & Deepshikha (2018) desarrollaron platos comestibles a partir de harina de arroz y sorgo, y extracto de espinaca, y Liu et al. (2020) lograron crear vajillas totalmente naturales, biodegradables y resistentes al agua y al aceite, utilizando fibras de caña de azúcar y bambú. De igual manera, se producen cubiertos elaborados con aislado de proteína de soja, que incorporan fibra cruda extraída de tallos de jacinto, y cucharas comestibles con harinas de sorgo, trigo y arroz, y extractos naturales para aportar color y valor nutricional (Choeybundit et al., 2022; Sindhu et al., 2023).

Cereales como el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), de la familia de las gramíneas, que se destaca por su alto contenido de almidón y fibra (75-90% fibra insoluble y 10-25% fibra soluble) (Ananda et al., 2020) se utilizan en envases debido a su dureza, ya que proporcionan mejor textura, promueven la durabilidad y contribuyen al valor nutricional de envases comestibles como conos de helado (Kigozi et al., 2014). Por otro lado, el trigo, uno de los cereales más consumidos en el mundo, contiene proteínas como la gliadina y la glutenina que, al mezclarse con agua, forman una red de gluten que proporciona elasticidad y tenacidad a la masa, manteniendo su forma en el horno y dándole estructura y cuerpo (Rajendran et al., 2020).

En Perú y a nivel mundial, el cultivo del café es un sector agrícola vital que impacta tanto la economía como el medio ambiente (I.C.O., 2023; Klingel et al., 2020). Durante su procesamiento se generan diferentes tipos de residuos, siendo la pulpa de café



el principal. Por cada dos toneladas de café producidas, una tonelada corresponde a la pulpa, representando el 42% del peso seco del fruto del café (Arteaga et al., 2021). A pesar de ser rica en fibra y alta en proteínas, minerales (especialmente potasio), azúcares, taninos y cafeína (Gemechu, 2020), la pulpa a menudo es enterrada o vertida en los ríos, lo que contribuye y agrava el daño ambiental (Blumenthal et al., 2022). Sin embargo, puede usarse como ingrediente para la fabricación de envases comestibles y biodegradables, y como mencionaron Anand et al. (2024), podría contribuir a un consumo más sostenible de café.

En este sentido, como alternativa al uso de vasos plásticos y para mitigar los problemas asociados al mismo y aprovechar los subproductos de la industria del café, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas, estructurales y la biodegradabilidad de vasos comestibles elaborados a partir de harina de trigo y sorgo, incluyendo harina de pulpa de café (*Coffea arabica*) en su formulación.

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.2.1. Materiales**

La pulpa de café orgánico de la variedad Catimor para elaborar vasos comestibles. Esta se adquirió de la *Asociación Agrícola de Productores de Café de Altura* (Valle Tambopata) en San Juan del Oro, cosechada en la provincia de Sandia, Puno, Perú, a una altitud entre 1300 y 1800 msnm. (latitud 14°19'20"S y longitud 69°27'55" O). La harina de sorgo fue proporcionada por la empresa Negocios del Agro EIRL, ubicada en la ciudad de Chiclayo (Lambayeque-Perú); harina de trigo (Bell's ®); almidón de maíz (Duryea ®); azúcar glass (Universal ®); goma xantana (Artstore ®) y aceite vegetal (Olyz Olivar ®), fueron adquiridos

en un supermercado local de la ciudad de Puno. Todos los materiales fueron enviados a los Laboratorios de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (UNA-PUNO).

### 2.2.2. Formulaciones utilizadas para producir vasos comestibles

La pulpa de café se deshidrató en una secadora industrial (Boxa, LT102, Perú) a 50 °C durante 6 horas. Posteriormente, la pulpa seca se molió en un molino eléctrico (Oster, ST-2886P, Perú). La Tabla 1 presenta los ingredientes utilizados para la fabricación de los vasos comestibles, incluyendo la harina de pulpa de café.

**Tabla 1**

*Ingredientes utilizados para la elaboración de los vasos comestibles*

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Harina de trigo (%)	50	40	30
Harina de sorgo (%)	38	45	52
Harina de pulpa de café (%)	2	5	8
Almidón de maíz (%)	10	10	10
Agua (ml)	25	25	25
Azúcar glas (g)	18	18	18
Aceite vegetal (ml)	12	12	12
Clara de huevo (ud)	1	1	1
Goma xantana (g)	1	1	1

### 2.2.3. Producción de vasos comestibles

Los vasos comestibles se elaboraron siguiendo la metodología propuesta por Mishra et al. (2024). Todas las harinas (trigo, sorgo y pulpa de café) se tamizaron a través de una malla de 354 micras (WS Tyler, ASTM E-11, EE. UU.)



para obtener una mezcla fina y uniforme. A continuación, se agregó almidón, azúcar glas y goma xantana. Posteriormente, se incorporaron los ingredientes húmedos, como claras de huevo, aceite vegetal y agua. La mezcla se amasó durante 15 minutos utilizando una amasadora (Alston, HS10, Perú) hasta obtener una masa firme, suave y maleable, lo que facilita su moldeado. En el proceso de moldeado, la masa se laminó con un rodillo de madera (Helferx, EE. UU.) hasta un espesor de 2 mm. Luego, la masa laminada se colocó en moldes de acero inoxidable en forma de vaso y se talló con una espátula de silicona (Moacc, EE. UU.) para darle su forma final. Los moldes se colocaron en un horno (Nova, Maxito 6B, Perú) a 180 °C durante 30 minutos, lo que garantizó la textura y el horneado deseados. Una vez horneados, los moldes se dejaron enfriar a temperatura ambiente (18 °C) y se almacenaron en recipientes herméticos en un lugar fresco hasta su posterior análisis.

#### **2.2.4. Métodos de análisis**

##### **2.2.4.1. Color**

El análisis cromático de las muestras de taza se realizó según la metodología propuesta por Sutthida et al. (2019). Para ello, se utilizó un colorímetro alimentario portátil (MeterTo, LCD SC20, EE. UU.) para registrar las lecturas correspondientes. Las densidades de color se determinaron según el modelo CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , cuyos parámetros proporcionan la siguiente información:  $L^*$  indica la luminosidad en un rango de 0 (negro) a 100 (blanco), mientras que  $a^*$  y  $b^*$  representan las coordenadas cromáticas, donde  $a^*$  varía entre el verde (-a) y el rojo (+a), y  $b^*$  entre el azul (-b) y el amarillo (+b).



#### 2.2.4.2. Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante el método de secado al horno (AOAC, 2005). Se colocaron dos gramos de la muestra en un crisol previamente pesado y se introdujeron en un horno a 110 °C durante 3-4 horas. Posteriormente, se enfrió y se pesó hasta que la diferencia de peso fue constante. El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_2} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

$W_1$  es el peso de la placa de Petri,  $W_2$  es el peso de la placa de Petri junto con la muestra y  $W_3$  es el peso de la placa de Petri después del secado.

#### 2.2.4.3. Proteína

Se llevó a cabo mediante el método Kjeldahl, que consiste en digerir la materia orgánica con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador, lo que alcaliniza el producto de la reacción. El amoníaco liberado se destila y se titula. El contenido de nitrógeno se calcula multiplicando el resultado por el factor convencional 6,25 para obtener el contenido de proteína cruda, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrogeno (\%)} = \frac{(\text{Value of the sample title} - \text{Blank title}) \times \text{Normality of HCl} \times 14 \times 100}{\text{Sample weight} \times 1000} \quad (2)$$

$$\text{Contenido de proteína (g)} = \% \text{ Nitrogeno} \times 6,25$$

#### 2.2.4.4. Fibra



Se determinó mediante el método 978.10 (AOAC, 2005). Se pesaron dos gramos de la muestra seca en un vaso de precipitados y se añadieron 5 ml de la dilución al 1,26 %. A continuación, se añadió H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a la muestra y se calentó a reflujo durante 15 minutos. La muestra se filtró, se añadieron 5 ml de solución de NaOH al 1,26 % y se calentó a reflujo durante 15 minutos más. La mezcla se filtró de nuevo, se lavó con etanol y se calentó a reflujo durante 15 minutos. Finalmente, se pesó el residuo obtenido, equivalente al contenido de fibra.

$$Fibra\ cruda\ (\%) = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_1)} \times 100 \quad (3)$$

Donde:  $W_1$  es el peso inicial de la muestra seca antes del tratamiento químico,  $W_2$  es el peso del residuo final obtenido después de todos los tratamientos químicos (ácido, base, filtración, lavado y secado).

Se realizaron análisis tanto de proteínas como de fibras considerando que juegan un papel importante en las propiedades estructurales de los vasos.

#### **2.2.4.5. Dureza**

La dureza de los vasos comestibles se evaluó siguiendo la metodología de Rammya et al. (2024). Se realizó una prueba de compresión en los vasos comestibles con una sonda cilíndrica de 10 mm de diámetro. La prueba se realizó con un texturómetro universal (Instron Universal, modelo 3365, Norwood, Massachusetts, EE. UU.), configurado con una celda de carga de 500 N. El vaso se midió a una velocidad de 2 mm/s. Cada muestra se sometió a una prueba de compresión para

determinar su resistencia a la ruptura, y el análisis se realizó por quintuplicado.

#### **2.2.4.6. Absorción de agua**

La absorción de agua se calculó según Thagunna et al. (2023): las muestras se pesaron y se sumergieron en 150 ml de agua destilada durante 10, 20 y 30 minutos. La cantidad de agua absorbida se determinó como la diferencia entre el peso final y el inicial, y se expresó como la masa de agua absorbida frente a la masa de la muestra original. Para cada formulación, se realizaron tres ensayos y los resultados se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Water absorption capacity} = \frac{W_{final} - W_{initial}}{W_{initial}} \times 100 \quad (4)$$

Dónde:  $W_{final}$  es el peso final de la muestra después de la absorción de agua y  $W_{inicial}$  es el peso inicial.

#### **2.2.4.7. Resistencia a Líquido**

La resistencia a líquido se determinó según lo reportado por Makarova & Eremeeva (2021) y se calculó como el tiempo que tarda el vaso comestible en perder su integridad, medido en minutos. Para el análisis, se vertieron 90 ml de agua destilada en cada vaso comestible, utilizando dos rangos de temperatura: entre 20 y 25 °C y entre 75 y 80 °C. Se monitoreó el tiempo transcurrido hasta que el envase presentó daños estructurales, evidenciados por la formación de grietas debido al contacto con la humedad.

#### 2.2.4.8. Biodegradabilidad

Para esta prueba, se utilizaron vasos comestibles como muestras, los cuales se enterraron en tierra estéril y húmeda en los terrenos de la comunidad de Isani, Zepita, Puno (Perú), a una profundidad de 5 cm, para facilitar su completa degradación con el tiempo (Senthilkumar et al., 2024). La tasa de biodegradabilidad a lo largo del tiempo se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Biodegradability rate (\%)} = \frac{W_{final} - W_{initial}}{W_{initial}} \times 100 \quad (5)$$

Dónde:  $W_{final}$  es el peso de la muestra en el día determinado y  $W_{inicial}$  es el peso de la muestra en el día 0.

#### 2.2.5. Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) mediante un análisis de varianza (ANOVA). Además, se realizaron pruebas de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para identificar diferencias significativas en la proporción de harinas añadidas con respecto a las propiedades fisicoquímicas y estructurales del vaso comestible. Este análisis se realizó con la versión de prueba gratuita de Minitab 19.1.0.1. Además, se utilizaron vasos comestibles comerciales de la marca " Cupffee " (Mirasloav) Zapryanov, Bulgaria) se consideraron para establecer una muestra de comparación.

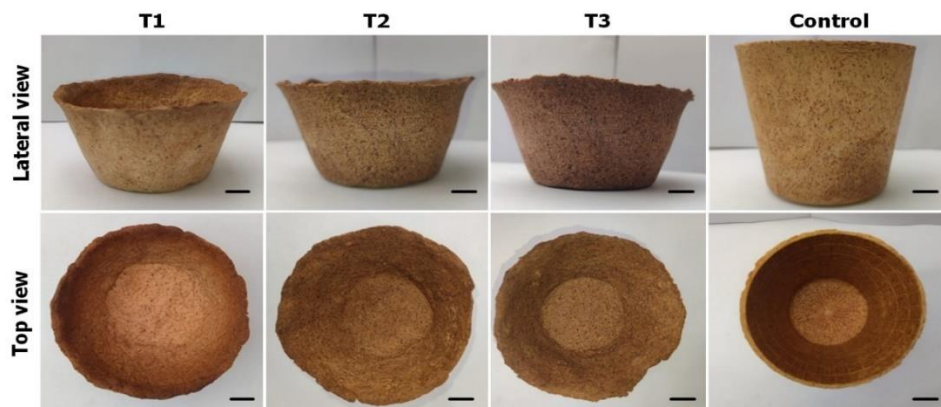
## 2.3. RESULTADOS

### 2.3.1. Producción de vasos comestibles

La Figura 1 muestra las fotografías de los vasos comestibles obtenidos, tanto en vista frontal como en planta. También se incluye una fotografía del vaso comestible de control.

**Figura 1**

*Vasos comestibles elaborados con harinas de trigo, sorgo y pulpa de café*



Nota: (T1: 50 % de harina de trigo, 38 % de harina de sorgo y 2 % de harina de pulpa de café; T2: 40 % de harina de trigo, 45 % de harina de sorgo y 5 % de harina de pulpa de café; T3: 30 % de harina de trigo, 52 % de harina de sorgo y 8 % de harina de pulpa de café). El vaso de control es de la marca “Cupffee®” (Mirasloav) Zapryanov, Bulgaria) que contiene salvado de avena, harina de trigo, ácido ascórbico, agua, azúcar, aceite vegetal, estabilizantes, alginato de sodio y goma xantana. Longitud de la barra: 1 cm.

Los vasos comestibles obtenidos tienen forma de trapecioide invertido, con una base de 5,1 cm y una altura de 5,3 cm. La base del vaso Control mide 5 cm y 7 cm de altura.





### 2.3.2. Color

Los resultados promedio y la desviación estándar del color de los vasos comestibles de los tratamientos y del vaso Control se muestran en la Tabla 2 y se ilustran en la Figura 1.

Los valores obtenidos para el color de los vasos comestibles mostraron diferencias significativas entre cada tratamiento (T1, T2, T3) y el Control. Los valores de L\* para el T1 y el control fueron similares, con valores entre 60,30 y 63,30, mientras que en el T2 y el Control se observaron diferencias significativas, con valores entre 45,63 y 63,30. El aumento del porcentaje de harina de pulpa de café en los tratamientos T2 y T3 redujo los valores de L\*, lo que indica una mayor oscuridad de estos productos.

**Tabla 2**

*Evaluación del color (CIE L\*, a\*, b\*) en vasos comestibles y el respectivo vaso Control*

Tratamientos		L*	a*	b*
T1		60.30 ±1.49 <sup>a</sup>	6.33 ±0.75 <sup>b</sup>	22.83 ±1.15 <sup>b</sup>
T2		45.63 ±8.46 <sup>b</sup>	6.07 ±0.23 <sup>b</sup>	19.63 ±1.75 <sup>a,c</sup>
T3		39.57 ±2.52 <sup>b</sup>	6.86 ±2.11 <sup>b</sup>	18.40 ±1.01 <sup>c</sup>
Control		63.30 ±4.12 <sup>a</sup>	11.36 ±0.90 <sup>a</sup>	27.57 ±2.11 <sup>a</sup>

Nota: T1: 50 % de harina de trigo, 38 % de harina de sorgo y 2 % de harina de pulpa de café; T2: 40 % de harina de trigo, 45 % de harina de sorgo y 5 % de harina de pulpa de café; T3: 30 % de

harina de trigo, 52 % de harina de sorgo y 8 % de harina de pulpa de café. Los valores en superíndice en cada columna indican la diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a los valores  $a^*$ , los resultados de T1, T2 y T3 presentan valores similares, indicando una tonalidad más rojiza, con valores entre 6,07 y 6,86, mientras que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas en comparación con el Control (11,36). Esto demuestra que el mayor contenido de pulpa de café, junto con los procesos químicos y físicos ocurridos durante el secado, contribuyó a que los productos presentaran una tonalidad roja más pronunciada. Por otro lado, los valores  $b^*$  de los tratamientos y el Control mostraron una tonalidad amarilla, con variaciones estadísticamente significativas entre tratamientos. Los valores más bajos correspondieron a los tratamientos T3 y T2, con 18,40 y 19,63, respectivamente, indicando un color más amarillento.

### 2.3.3. Proteína y fibra

Los resultados del análisis proximal de los vasos comestibles y la muestra de control se muestran en la Tabla 3. El contenido de humedad en el vaso de control (6,15 %) y en el tratamiento T1 (6,17 %) fue significativamente mayor que en los tratamientos T2 y T3 ( $p < 0,05$ ). En cuanto al contenido de proteína, se observó que todos los tratamientos presentaron niveles significativamente mayores que el Control. Asimismo, todos los tratamientos presentaron un mayor contenido de fibra cruda (~3,62 %) que el Control (3,58 %).

**Tabla 3**

*Análisis de humedad, proteínas y fibra de los vasos comestibles y del Control*

Tratamientos	Componentes para 100 g de muestra		
	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
T1	6.17 ±0.75 <sup>a</sup>	11,58 ±0,14 <sup>b</sup>	3.60 ±0.20 <sup>a</sup>

<b>T2</b>	4.86 ±0.09 <sup>b</sup>	11,78 ±0,19 <sup>ab</sup>	3,56 ±0,06 <sup>a</sup>
<b>T3</b>	5.86 ±0.07 <sup>ab</sup>	12,21 ±0,33 <sup>a</sup>	3,70 ±0,11 <sup>a</sup>
<b>Control</b>	6.15 ±0.21 <sup>a</sup>	11.36 ±0.11 <sup>b</sup>	3,58 ±0,12 <sup>a</sup>

#### 2.3.4. Dureza

La Tabla 4 muestra la dureza de los tres tratamientos de vasos comestibles y el Control. Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los vasos comestibles T1, T2 y T3, y el Control. El vaso control y el T3 presentaron la mayor dureza, con 54,36 N y 42,29 N, respectivamente.

#### **Tabla 4**

*Valores de dureza de los vasos comestibles y del Control. Diferentes letras del mismo grupo presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).*

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (N)</b>
T1	35.41 ±9.65 <sup>a</sup>
T2	39.29 ±11.12 <sup>ab</sup>
T3	42,29 ±11,99 <sup>ab</sup>
Control	54,36 ±8,42 <sup>c</sup>

Nota: T1: 50% de harina de trigo, 38% de harina de sorgo y 2% de harina de pulpa de café; T2: 40% de harina de trigo, 45% de harina de sorgo y 5% de harina de pulpa de café; T3: 30% de harina de trigo, 52% de harina de sorgo y 8% de harina de pulpa de café.

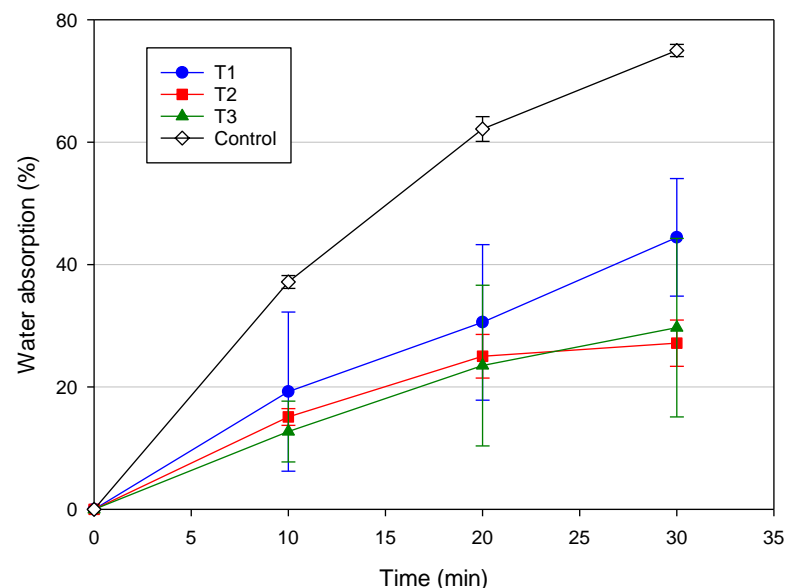
#### 2.3.5. Absorción de agua

Los resultados de la absorción de agua en vasos comestibles se muestran en la Figura 2.

En los primeros 10 minutos, el vaso comestible no había absorbido un gran porcentaje de agua; para el minuto 20, la capacidad de absorción de agua del vaso aumentó hasta el minuto 30. Después del minuto 30, se observó que todos los vasos comestibles, incluido el vaso Control, estaban hinchados, por lo que no podían retener líquidos adecuadamente. El vaso Control mostró una mayor absorción de agua a los 30 minutos, seguido de T1, mientras que el porcentaje de absorción disminuyó en los otros tratamientos. Todos los vasos absorbieron entre 27,14 % y 75 % de agua a temperatura ambiente. A los 30 minutos, T1 tuvo el mayor porcentaje de absorción. En contraste, los tratamientos T2 y T3 mostraron los porcentajes de absorción más bajos (~28 %) después de 30 min.

## Figura 2

*Gráfica del porcentaje de absorción de agua en función del tiempo de los vasos comestibles de los tres tratamientos estudiados y el vaso Control*



### 2.3.6. Resistencia a Líquido

La Tabla 5 presenta los resultados de la prueba de resistencia a líquidos con agua destilada fría y caliente. Los vasos comestibles de todos los tratamientos

mostraron una resistencia de entre 2 y 3 horas en agua fría, mientras que la resistencia del Control superó las 3 horas sin observar fugas ni cambios en la apariencia. En agua caliente, los vasos comestibles de los tratamientos T2 y T3 mostraron una mayor resistencia (~110 min) que los del Control (81 min) y T1 (30 min).

**Tabla 5**

*Resultados de resistencia al líquido de los vasos comestibles y del vaso Control*

Tratamientos	Resistencia a los líquidos	
	Estabilidad (minutos)	
	Agua destilada (20-25°C)	Agua destilada (75-80°C)
<b>T1</b>	132	30
<b>T2</b>	170	104
<b>T3</b>	180	115
<b>Control</b>	195	81

Nota: T1: 50% de harina de trigo, 38% de harina de sorgo y 2% de harina de pulpa de café; T2: 40% de harina de trigo, 45% de harina de sorgo y 5% de harina de pulpa de café; T3: 30% de harina de trigo, 52% de harina de sorgo y 8% de harina de pulpa de café.

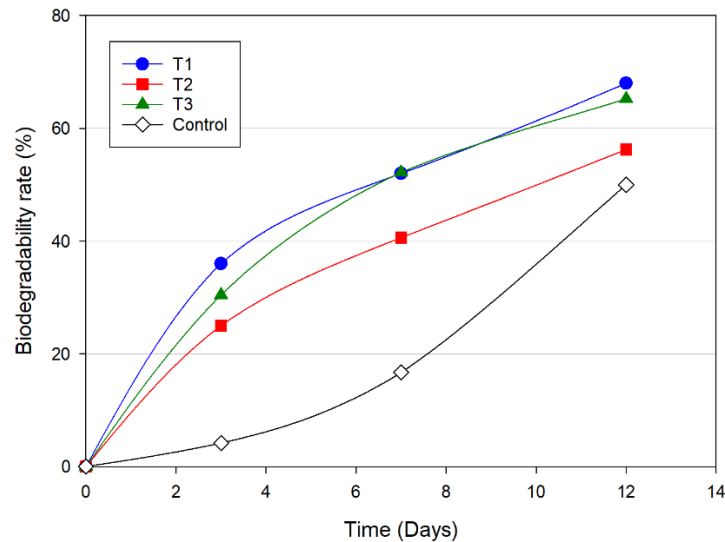
### **2.3.7. Biodegradabilidad**

La Figura 3 muestra los resultados de la variación de la tasa de biodegradabilidad de los vasos comestibles tras 12 días de inmersión. No se observaron grandes diferencias entre la tasa de biodegradabilidad de los vasos de los tres tratamientos y el vaso Control, con un rango de biodegradación entre el 50 % y el 68 % durante este período. Se observó una biodegradación progresiva de las muestras al tercer, séptimo y duodécimo día.

### Figura 3

*Variación de la tasa de biodegradabilidad de los vasos comestibles y del vaso*

*Control*



Nota: T1: 50 % de harina de trigo, 38 % de harina de sorgo y 2 % de harina de pulpa de café; T2: 40 % de harina de trigo, 45 % de harina de sorgo y 5 % de harina de pulpa de café; T3: 30 % de harina de trigo, 52 % de harina de sorgo y 8 % de harina de pulpa de café.

## 2.4. DISCUSIÓN

### 2.4.1. Color

La incorporación de harina de pulpa de café en formulaciones de vasos comestibles puede aumentar la intensidad del color. Se observó una situación similar al aumentar el porcentaje de posos de café en el procesamiento de estos vasos (Sutthida et al., 2019). Esto podría deberse a que, durante el proceso de secado de la pulpa de café, el pardeamiento no enzimático contribuye en gran medida a los cambios de color y reduce significativamente el brillo (Torres-Valenzuela et al., 2019).



#### **2.4.2. Contenido de proteínas y fibra**

El mayor contenido proteico de los vasos comestibles obtenidas, en comparación con el Control, podría deberse a la presencia de harina de pulpa de café en las formulaciones (Gil-Ramírez et al., 2024). De igual manera, la incorporación de un mayor porcentaje de esta harina con harina de sorgo en el T3 aumentaría el contenido de fibra (Ananda et al., 2020).

El contenido de proteína y fibra de todos los vasos comestibles obtenidos fue mayor que el de los platos elaborados con harina de sorgo, arroz y jugo de espinaca (Sood & Deepshikha, 2018). Algo similar ocurre con la fabricación de cucharas comestibles con harina de trigo y polvo de ginseng ragi (Hazra & Sontakke, 2023) y con las cucharas comestibles elaboradas con harina de arroz, mijo y harina de trigo (Thagunna et al., 2023). Sin embargo, la cantidad de proteína y fibra en los vasos comestibles de los tres tratamientos estudiados se asemeja a la de los platos elaborados con harina de trigo, sémola, ragi, harina de garbanzo, polvo de cáscara de naranja y mosambi (Stuti & Virginia, 2022).

#### **2.4.3. Dureza**

Los vasos comestibles resultaron menos duros que las cucharas biodegradables comestibles elaboradas con harina de trigo, mijo y arroz (Dordevic et al., 2021; Yodkum et al., 2024). Este hecho podría atribuirse a la inclusión de harina de pulpa de café y a la reducción progresiva de la harina de trigo en cada formulación. Al mismo tiempo, el aumento de la harina de sorgo provoca un ligero aumento de la dureza (Sindhu et al., 2023) debido a la mayor cantidad de almidón disponible en la formulación, como informaron Kigozi et al. (2016) en la



fabricación de conos de helado, donde al aumentar el almidón de maíz, aumentó la dureza mecánica.

El grado de gelatinización del almidón y la disponibilidad de agua durante el horneado de los recipientes son factores importantes en la dureza de los productos (Tako et al., 2014; Udachan et al., 2012). La vajilla comestible elaborada con harina de trigo y maíz presenta valores de dureza más altos que los vasos comestibles debido a la menor cantidad de harina de trigo utilizada (Rammya et al., 2024).

#### **2.4.4. Absorción de agua**

Los valores reducidos de absorción de agua están directamente relacionados con la calidad de los envases comestibles (Wulandari et al., 2023). Los vasos de los tratamientos T2 y T3 presentan porcentajes de absorción de agua más bajos que T1 y el Control. Esto está relacionado con los valores de dureza; porcentajes de absorción de agua más bajos significan valores de dureza más altos, como también se observó en el estudio de Siddiqui et al. (2023) sobre la fabricación de cucharas comestibles. El aumento de harina de sorgo junto con harina de pulpa de café puede ser la causa de los bajos porcentajes de absorción de agua en los tratamientos T2 y T3 y la probable formación de redes almidón-agua que conducen a la retención de agua (Kabir & Hamidon, 2021; Thagunna et al., 2023).

#### **2.4.5. Resistencia a líquido**

Los vasos comestibles biodegradables no dejan pasar el líquido, ya que no se agrietan ni se humedecen al entrar en contacto con líquidos hasta que se termina la bebida que contienen. Una bebida caliente se consume en un promedio de 20 a



30 minutos; sin embargo, en establecimientos comerciales como cafeterías, este tiempo puede aumentar a una hora. Según Shulga et al. (2023), la duración mínima aceptable de los vasos comestibles es de  $45 \pm 5$  minutos, lo cual se atribuye a los hábitos de consumo de café.

El mayor contenido de harina de sorgo en los tratamientos probablemente contribuya a la resistencia al agua en comparación con el Control. Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Kabir & Hamidon (2021) sobre cucharas comestibles utilizadas en agua caliente y con los reportados por Kigozi et al. (2014) sobre conos de sorgo, donde la permeabilidad fue menor cuando el contenido de agua era bajo y la concentración de harina de sorgo era alta.

Los vasos comestibles obtenidos en los tres tratamientos mostraron mayor resistencia que la vajilla comestible elaborada con puré de manzana y verduras deshidratadas (Makarova & Eremeeva, 2021); su durabilidad aumentó al entrar en contacto con agua fría y disminuyó al contener agua caliente. La menor resistencia al agua caliente puede debilitar las uniones formadas principalmente con almidón, lo que hace que los vasos se vuelvan quebradizos y susceptibles a daños (Viswanathan & Pasupathy, 2017). Las bajas temperaturas prolongan la vida útil de los recipientes (Wulandari et al., 2023).

#### **2.4.6. Biodegradabilidad**

Durante el período de observación, la tasa de biodegradabilidad de los vasos comestibles aumentó debido a la absorción de la humedad del suelo. Este hecho puede atribuirse a los ingredientes naturales utilizados en todas las muestras sin conservantes, lo que sugiere que la adición de sorgo y pulpa de café no influye significativamente en la tasa de degradación. La baja pluviosidad durante el



desarrollo del ensayo redujo la biodegradabilidad porque el suelo permaneció ligeramente húmedo. Una mayor humedad acelera los procesos de descomposición, lo cual es consistente con lo reportado por Hazra & Sontakke (2023) en la fabricación de cucharas comestibles a partir de cáscara de moringa. Un estudio relacionado realizado por Sindhu et al. (2023) encontró que las cucharas comestibles se descomponían más rápidamente que los vasos comestibles. Esta diferencia podría atribuirse a la acción de los microorganismos del suelo y la materia orgánica, que convierten las cucharas en carbono y energía mediante reacciones metabólicas o enzimáticas.

## **2.5. CONCLUSIÓN**

La inclusión de harina de pulpa de café como ingrediente en la fabricación de vasos comestibles permite obtener envases con buena integridad estructural y color aceptable. La capacidad de absorción de agua, la resistencia a los líquidos y las tasas de biodegradabilidad son superiores a las de los envases comestibles disponibles comercialmente, así como su dureza, contenido de proteínas y fibra. La pulpa de café mejora las propiedades de la harina de sorgo y reduce el porcentaje de harina de trigo en la producción de envases comestibles. Desarrollar vasos comestibles que incluyan subproductos de la agroindustria, como la harina de pulpa de café, ofrece una solución innovadora y amigable con el medio ambiente a los desafíos ambientales asociados a los envases no degradables. Futuros trabajos podrían considerar la introducción de harinas de otros cultivos, como la quinua y la cañihua en la formulación de vasos comestibles.



## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Idea conceptual: Chipana, C.; Diseño metodológico: Chipana, C.; Recolección de datos: Chipana, C.; Análisis e interpretación de datos: Chipana, C.; León, AM; Medina, W.; Redacción y edición: Chipana, C.; León, AM; Medina, W.; Quispe, AJ



## CAPÍTULO III. ARTICLE ACCEPT

### 3. DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF EDIBLE

#### CUPS MADE FROM WHEAT, SORGHUM, AND COFFEE

##### PULP FLOUR (*Coffea arabica*)

Celia Chipana Quiñonez<sup>1</sup>; Arnold Javier Quispe Quispe<sup>2</sup>; Alicia Magaly León Tacca<sup>1</sup>;  
Wenceslao Teddy Medina Espinoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professional School of Agroindustrial Engineering, Faculty of Agricultural Sciences,  
Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru.

<sup>2</sup>Professional School of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and  
Architecture, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Peru.

#### ABSTRACT

The use of plastic containers is increasing enormously, raising concerns about their improper disposal and their contribution to environmental pollution. The study aimed to develop and characterize edible cups made with wheat and sorghum flour, incorporating coffee pulp flour into their formulation. Percentages used of these flours in the three treatments studied were T1: 50-38-2 %; T2: 40-45-5 %; and T3: 30-52-8 %, respectively, and 10 % of cornstarch in all of them. Color, hardness, water absorption capacity, liquid resistance (distilled water at 20-25 and 75-80 °C), biodegradability, and fiber and protein analysis of the obtained containers were analyzed. Both one-way analysis of variance and the Tukey mean test were done at  $p < 0.05$ . The results, in comparison with a commercial edible cup, showed an acceptable cup color and a high protein (~11.8 %) and fiber (~3.62 %) content; hardness values (~37N for T1 and T2 and



~42N for T3) were lower. T2-T3 exhibited the low water absorption capacity and liquid resistance at 25°C (~28% at 30 min and ~165 min at 25°C, respectively), while T2 and T3 had the high-water stability at 80°C (~110 min). The developed edible cups exhibited the high biodegradability rate (~63%), decomposing in ~12 days. Including coffee pulp flour as an ingredient in the manufacture of edible cups allows obtaining containers with good structural integrity and physical properties superior to those of commercially available edible containers.

**Keywords:** Comestible mugs; Physical properties; Biodegradable; Coffee husk

### 3.1. INTRODUCTION

The production of conventional disposable cups, made mainly from plastic and paper coated with chemicals, is increasing yearly (Simantiris, 2024). The mass production and disposal of plastic items, including disposable spoons and cups, has increased every year. In fact, between 4.8 and 12.7 million tons of plastic are dumped into the oceans annually (Habla et al., 2023; Nehra et al., 2022). Improper disposal of these materials contributes to environmental pollution. Plastic cups are non-biodegradable materials, as they can remain in the environment for thousands of years without degrading, contributing to the accumulation of plastic waste in landfills, oceans, and other natural ecosystems. In addition, these cups can contain toxic additives, such as bisphenol A (BPA), which leach into food or beverages when the plastic comes into contact with them, especially if the cup is used for hot liquids, which is associated with health problems (Olea et al., 2023). It is, therefore, essential to look for sustainable alternatives, such as replacing these products with reusable, edible, and biodegradable cups made from starches, flours, and other natural ingredients (Hazra & Sontakke, 2023).



Edible cups made from wheat flour, egg, and butter are included in this trend (Sutthida et al., 2019) On the other hand, Sood & Deepshikha (2018) developed edible dishes from rice and sorghum flour and spinach extract, and Liu et al. (2020) succeeded in creating all-natural, biodegradable, water- and oil-resistant tableware using sugarcane and bamboo fibers. Similarly, cutlery made from soy protein isolate, incorporating crude fiber extracted from bluebell stems, and edible spoons using sorghum, wheat, and rice flours and natural extracts to provide color and nutritional value are produced (Choeybundit et al., 2022; Sindhu et al., 2023).

Cereals such as sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), of the grass family, which is noted for its high starch and fiber content (75-90% insoluble fiber and 10-25% soluble fiber) (Ananda et al., 2020), are used in packaging due to their hardness, as they provide better texture, promote durability and contribute to the nutritional value of edible containers such as ice cream cones (Kigozi et al., 2014). On the other hand, wheat, one of the most consumed cereals in the world, contains proteins such as gliadin and glutenin which, when mixed with water, form a gluten network that provides elasticity and tenacity to the dough, maintaining its shape in the oven and giving it structure and body (Rajendran et al., 2020).

In Peru and globally, coffee cultivation is a vital agricultural sector impacting both the economy and the environment (I.C.O., 2023; Klingel et al., 2020). Different types of waste are generated during its processing, and coffee pulp is the main one. For every two tons of coffee produced, one ton corresponds to the pulp, representing 42 % of the dry weight of the coffee fruit (Arteaga et al., 2021). Despite being rich in fiber and high in protein, minerals (especially potassium), sugars, tannins, and caffeine (Gemechu, 2020), the pulp is often buried or dumped in rivers, contributing to and aggravating environmental damage (Blumenthal et al., 2022). However, it can be used as an ingredient



for manufacturing edible and biodegradable containers, and as Anand et al. (2024) mentioned, it could contribute to more sustainable coffee consumption.

In this sense, as an alternative to the use of plastic cups and to mitigate the associated problems with it and benefit from the by-products of the coffee industry, the present work aims to develop and characterize the physicochemical and structural properties and the biodegradability of edible cups made from wheat and sorghum flour, including coffee pulp flour (*Coffea arabica*) in its formulation.

## **3.2. MATERIALS AND METHODS**

### **3.2.1. Materials**

Coffee pulp of the organic Catimor variety was used to produce edible cups. This was purchased from the *Asociación Agrícola de Productos de Café de Altura* (Valle Tambo) at San Juan del Oro, harvested in the province of Sandia, Puno, Peru, at an altitude between 1300 and 1800 m.a.s.l. (latitude 14°19'20"S and longitude 69°27'55" W). Sorghum flour was provided by the company Negocios del Agro EIRL, located in the city of Chiclayo (Lambayeque-Peru); wheat flour (Bell's ®); corn starch (Duryea ®); confectioners' sugar (Universal ®); xanthan gum (Artstore ®) and vegetable oil (Olyz Olivar ®), were purchased in a local supermarket at Puno city. All materials were sent to the Laboratories of the Agroindustrial Engineering from Universidad Nacional del Altiplano de Puno (UNA-PUNO) and from Universidad Nacional de Juliaca, Peru.

### **3.2.2. Formulations used to produce edible cups**

The coffee pulp was dehydrated in an industrial dryer (Boxa, LT102, Peru) at 50 °C for 6 hours. Subsequently, the dried pulp was ground in an electric grinder

(Oster, ST-2886P, Peru). Table 1 presents the ingredients used to manufacture the edible cups, including the coffee pulp flour.

**Table 1** Ingredients used for manufacturing the edible cups.

INGREDIENTS	TREATMENTS		
	T1	T2	T3
Wheat flour (%)	50	40	30
Sorghum flour (%)	38	45	52
Coffee pulp flour (%)	2	5	8
Corn starch (%)	10	10	10
Water (ml)	25	25	25
Confectioners' sugar (g)	18	18	18
Vegetable oil (ml)	12	12	12
Egg white (pcs)	1	1	1
Xanthan gum (g)	1	1	1

### 3.2.3. Production of edible cups

The edible cups were made following the methodology proposed by Mishra et al. (2024). All flours (wheat, sorghum, and coffee pulp) were sieved through a 354-micron mesh (W.S. Tyler, ASTM E-11, USA) to obtain a fine and uniform mixture. Next, starch, confectioner's sugar, and xanthan gum were added. Subsequently, the wet ingredients, such as egg whites, vegetable oil, and water, were incorporated. The mixture was kneaded for 15 minutes using a dough mixer (Alston, HS10, Peru) until a firm, soft, and malleable dough was produced, making it easier to mold. In the molding process, the dough was laminated with a wooden rolling pin (Helferx, USA) to a thickness of 2 mm. The laminated dough was then placed in stainless steel cup-shaped molds and carved with a silicone spatula (Moacc, USA) to give it its final shape. The molds were then placed in an



oven (Nova, Maxito 6B, Peru) at 180 °C for 30 minutes, which ensured the desired texture and baking. Once baked, the cups were allowed to cool at room temperature (18 °C) and then stored in airtight containers in a cool place until further analysis.

### 3.2.4. Methods of analysis

#### 3.2.4.1. Color

The chromatic analysis of the cup samples was performed according to the methodology proposed by Sutthida et al. (2019). For this purpose, a portable food colorimeter (MeterTo, LCD SC20, USA) was used to record the corresponding readings. Color densities were determined based on the CIE L\* a\* b\* model, whose parameters provide the following information: L\* indicates the lightness in a range from 0 (black) to 100 (white), while a\* and b\* represent the chromatic coordinates, where a\* varies between green (-a) and red (+a), and b\* between blue (-b) and yellow (+b).

#### 3.2.4.2. Moisture

Moisture content was determined by the oven-drying method (AOAC, 2005). Two grams of the sample were placed in a previously weighed crucible and introduced in an oven at 110 °C for 3-4 hours. It was then cooled and weighed until the weight difference was constant. The moisture percentage was calculated with the following formula:

$$\text{Moisture (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_2} \times 100 \quad (1)$$

Where:



$W_1$  is the weight of the Petri dish,  $W_2$  is the weight of the Petri dish together with the sample, and  $W_3$  is the weight of the Petri dish after drying.

### 3.2.4.3. Protein

It was carried out using the Kjeldahl method, which consists of digesting the organic matter with sulfuric acid in the presence of a catalyst, which makes the reaction product alkaline. The ammonia released is then distilled and titrated. The nitrogen content is calculated by multiplying the result by the conventional factor 6.25 to obtain the crude protein content and is calculated using the following formula:

$$\text{Nitrogen (\%)} = \frac{(\text{Value of the sample title} - \text{Blank title}) \times \text{Normality of HCl} \times 14 \times 100}{\text{Sample weight} \times 1000} \quad (2)$$

$$\text{Protein content (g)} = \% \text{ Nitrogen} \times 6,25$$

### 3.2.4.4. Fiber

It was determined by method 962.09 (AOAC, 2005). Two grams of the dry sample were weighed into a beaker, and 5 ml of the 1.26 % dilution was added.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  was then added to the sample and heated under reflux for 15 minutes. The sample was filtered, and 5 ml of 1.26 % NaOH solution was added and heated under reflux for 15 minutes more. The mixture was filtered again, washed with ethanol, and heated under reflux for 15 minutes. Finally, the residue obtained, equivalent to the fiber content, was weighed.

$$\text{Crude fiber (\%)} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_1)} \times 100 \quad (3)$$



Where:  $W_1$  is the initial weight of the dry sample before chemical treatment,  $W_2$  is the weight of the final residue obtained after all chemical treatments (acid, base, filtration, washing and drying).

Both protein and fiber analysis were done considering that they play an important role in the structural properties of cups.

#### **3.2.4.5. Hardness**

The hardness of edible cups was evaluated following the methodology by Rammya et al. (2024). A compression test on the edible cups was performed using a 10-mm-diameter cylindrical probe. The test was performed with a universal test texturometer (Instron Universal, model 3365, Norwood, Massachusetts, USA), configured with a 500 N load cell. The cup was measured at a speed of 2 mm/s. Each sample was subjected to compression testing to determine its rupture strength, and the analysis was performed in quintuplicate.

#### **3.2.4.6. Water absorption**

Water absorption capacity was performed according to Thagunna et al. (2023): samples were weighed and immersed in 150 ml of distilled water for periods of 10, 20, and 30 minutes. The amount of water absorbed was determined as the difference between the final and initial weight and expressed as the mass of water absorbed versus the mass of the original sample. For each formulation, three trials were performed, and the results were calculated using the following formula:

$$\text{Water absorption capacity} = \frac{W_{final} - W_{initial}}{W_{initial}} \times 100 \quad (4)$$

Where:  $W_{final}$  is the final weight of sample after water absorption and  $W_{initial}$  is the initial weight.

#### 3.2.4.7. Resistance to liquids

Resistance to liquids was determined according to what was reported by Makarova & Eremeeva (2021) and calculated as the time required for the edible cup to lose its integrity, measured in minutes. For the analysis, 90 ml of distilled water was poured into each edible cup, using two temperature ranges: between 20 and 25 °C and between 75 and 80 °C. The time elapsed until the container showed damage to its structure, evidenced by cracks forming due to contact with humidity, was monitored.

#### 3.2.4.8. Biodegradability

For this test, edible cups were used as samples and buried in sterile, moist soil in the lands of the Isani community, Zepita, Puno (Perú), at a depth of 5 cm, to facilitate their complete degradation over time (Senthilkumar et al., 2024). The biodegradability rate along the time was calculated using the following formula:

$$\text{Biodegradability rate (\%)} = \frac{W_{final} - W_{initial}}{W_{initial}} \times 100 \quad (5)$$

Where:  $W_{final}$  is the weight of sample at determined day and  $W_{initial}$  is the weight of sample at day 0.

#### 3.2.5. Statistical analysis

The Completely Randomized Design (CRD) was used through an analysis of variance (ANOVA). In addition, Tukey's means tests were performed at a 5%

significance level to identify important differences in the proportion of added flours concerning the physicochemical and structural properties of the edible cup. This analysis was performed using the free trial version of Minitab 19.1.0.1. Additionally, commercial edible cups of the brand “Cupffee” (Mirasloav Zapryanov, Bulgaria) were considered to establish a comparison sample.

### 3.3. RESULTS

#### 3.3.1. Production of edible cups

Figure 1 shows the photographs of the edible cups obtained, both in front and plan view. A photograph of the Control edible cup is also included.

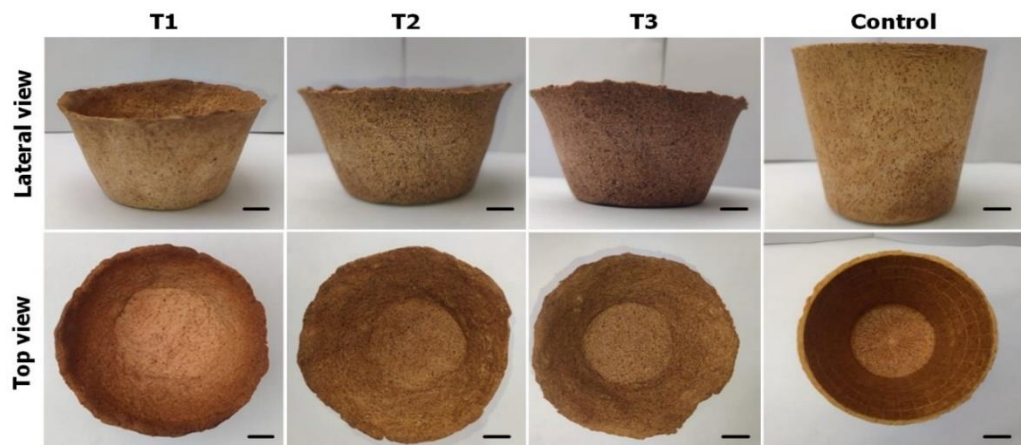


Figure 1 Edible cups made from wheat, sorghum and coffee pulp flours (T1: 50% wheat flour, 38% sorghum flour, and 2% coffee pulp flour; T2: 40% wheat flour, 45% sorghum flour, and 5% coffee pulp flour; T3: 30% wheat flour, 52% sorghum flour, and 8% coffee pulp flour). Control cup is “Cupffee®” brand (Mirasloav Zapryanov, Bulgaria) that in its composition report oat bran, wheat flour, ascorbic acid, water, sugar, vegetable oil, stabilizers, sodium alginate, xanthan gum. Bar length = 1 cm.





The edible cups obtained have an inverted trapezoidal shape, with a base of 5.1 cm and a height of 5.3 cm. The base of the Control cup measures 5 cm and 7 cm in height.

### 3.3.2. Color

The average results and standard deviation of the color of the edible cups from the treatments and the Control cup are shown in Table 2 and illustrated in Figure 1.

The values obtained for the color of the edible cups showed significant differences between each treatment (T1, T2, T3) and the Control. The  $L^*$  values for T1 and Control were similar, ranging between 60.30 and 63.30, while in T2 and Control, significant differences were observed, with values between 45.63 and 63.30. The increase in the percentage of coffee pulp flour in treatments T2 and T3 reduced the  $L^*$  values, indicating greater darkness of these products.

**Table 2** Color assessment (CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) on edible cups and the respective Control (C)

Treatments		$L^*$	$a^*$	$b^*$
T1		$60.30 \pm 1.49^a$	$6.33 \pm 0.75^b$	$22.83 \pm 1.15^b$
T2		$45.63 \pm 8.46^b$	$6.07 \pm 0.23^b$	$19.63 \pm 1.75^{bc}$
T3		$39.57 \pm 2.52^b$	$6.86 \pm 2.11^b$	$18.40 \pm 1.01^c$
Control		$63.30 \pm 4.12^a$	$11.36 \pm 0.90^a$	$27.57 \pm 2.11^a$

T1: 50% wheat flour, 38% sorghum flour, and 2% coffee pulp flour; T2: 40% wheat flour, 45% sorghum flour, and 5% coffee pulp flour; T3: 30% wheat flour, 52% sorghum flour, and 8% coffee pulp flour. The values in superscript in each column indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

As for the  $a^*$  values, the T1, T2, and T3 results present similar values, indicating a redder hue, with values between 6.07 and 6.86, while all treatments presented significant differences compared to the Control (11.36). This shows that the higher content of coffee pulp, together with the chemical and physical processes that occurred during drying, contributed to the products presenting a more pronounced red hue. On the other hand, the  $b^*$  values of the treatments and the Control showed a yellow tint, with statistically significant variations between treatments. The lowest values corresponded to treatments T3 and T2, with 18.40 and 19.63, respectively, indicating a more yellowish color.

### 3.3.3. Protein and fiber

The results of the proximal analysis of the edible cups and the Control sample are shown in Table 3. The moisture content in the Control cup (6.15 %) and in treatment T1 (6.17 %) was significantly higher than in treatments T2 and T3 ( $p < 0.05$ ). Regarding protein content, it was observed that all treatments exhibited significantly higher levels than the control. Likewise, all treatments had a higher crude fiber content (~3.62%) than the Control (3.58%).

**Table 3.** *Moisture, protein and fiber analysis of the edible cups and the commercial control cup*

Treatments	Components for 100 g of sample		
	Moisture (%)	Protein (%)	Fiber (%)
T1	6.17 ±0.75 <sup>a</sup>	11.58±0.14 <sup>b</sup>	3.60±0.20 <sup>a</sup>
T2	4.86±0.09 <sup>b</sup>	11.78±0.19 <sup>ab</sup>	3.56±0.06 <sup>a</sup>
T3	5.86±0.07 <sup>ab</sup>	12.21±0.33 <sup>a</sup>	3.70±0.11 <sup>a</sup>
Control	6.15±0.21 <sup>a</sup>	11.36±0.11 <sup>b</sup>	3.58±0.12 <sup>a</sup>

T1: 50% wheat flour, 38% sorghum flour, and 2% coffee pulp flour; T2: 40% wheat flour, 45% sorghum flour, and 5% coffee pulp flour; T3: 30% wheat flour, 52% sorghum flour, and 8% coffee pulp flour.

### 3.3.4. Hardness

Table 4 shows the hardness of the three edible cup treatments and the Control. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed between the edible cups T1, T2, T3, and the Control. The Control cup and T3 showed the highest hardness, with 54.36 N and 42.29 N, respectively.

**Table 4** Hardness values of edible cups and the Control cup. Different letters in the same group are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Treatment	Hardness (N)
T1	35.41±9.65 <sup>a</sup>
T2	39.29±11.12 <sup>ab</sup>
T3	42.29±11.99 <sup>ab</sup>
Control	54.36±8.42 <sup>c</sup>

T1: 50% wheat flour, 38% sorghum flour, and 2% coffee pulp flour; T2: 40% wheat flour, 45% sorghum flour, and 5% coffee pulp flour; T3: 30% wheat flour, 52% sorghum flour, and 8% coffee pulp flour.

### 3.3.5. Water absorption

The results of water absorption in edible cups are shown in Figure 2.

In the first 10 minutes, the edible cup had not absorbed a large percentage of water; by minute 20, the water absorption capacity of the cup increased until minute 30. After minute 30, all edible cups, including the Control cup, were observed to be swollen, thus unable to hold liquids adequately. The Control cup showed higher water absorption at 30 minutes, followed by T1, while the

absorption percentage decreased in the other treatments. All cups absorbed between 27.14 % and 75 % water at room temperature. At 30 minutes, T1 had the highest absorption percentage. In contrast, treatments T2 and T3 showed the lowest absorption percentages (~28 %) after 30 min.

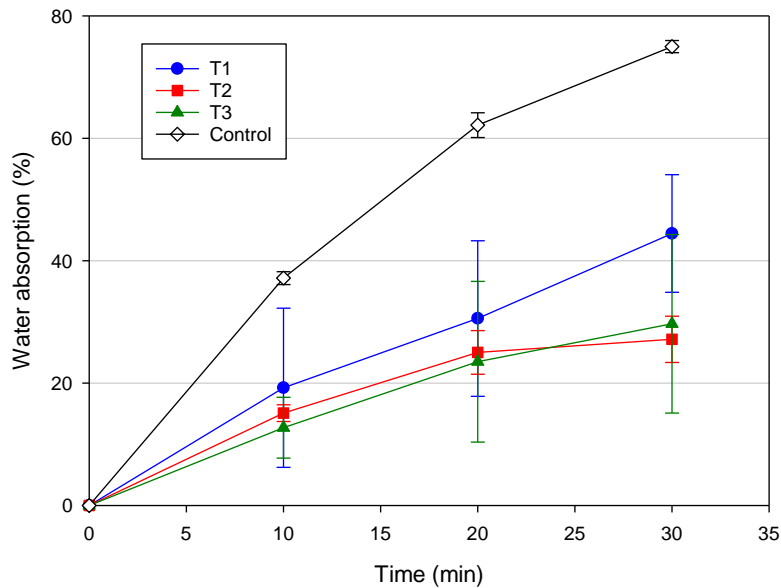


Figure 2. Graph of the variation of the percentage of water absorption according to the time of the edible cups of the three treatments studied and the Control sample.

### 3.3.6. Resistance to liquids

Table 5 presents the results of the liquid resistance test using cold and hot distilled water. The edible cups of all treatments showed a resistance between 2 and 3 hours for cold water, while the resistance of the Control exceeded 3 hours with no leakage or change in appearance observed. In hot water, edible cups from treatments T2 and T3 exhibited higher resistance (~110 min) than the Control (81 min) and T1 (30 min).

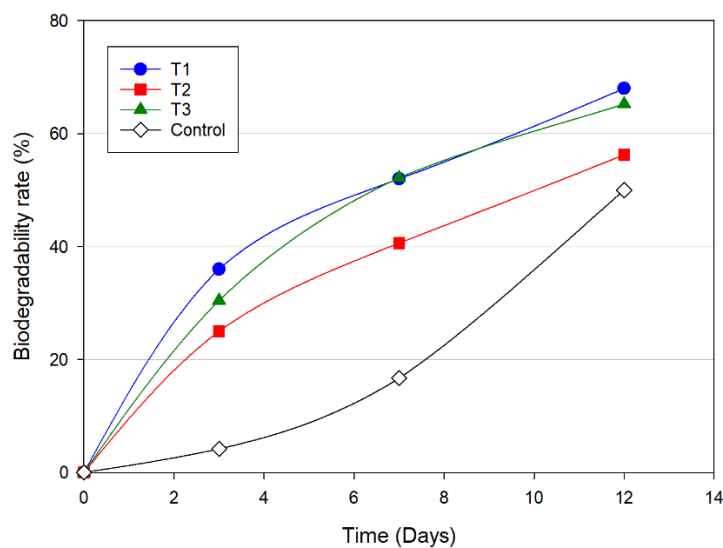
**Table 5.** Results of resistance to liquid of the edible cups and the Control cup (C).

Treatments	Resistance to liquid	
	Stability (minutes)	
	Distilled water (20-25°C)	Distilled water (75-80°C)
T1	132	30
T2	170	104
T3	180	115
Control	195	81

T1: 50% wheat flour, 38% sorghum flour, and 2% coffee pulp flour; T2: 40% wheat flour, 45% sorghum flour, and 5% coffee pulp flour; T3: 30% wheat flour, 52% sorghum flour, and 8% coffee pulp flour.

### 3.3.7. Biodegradability

Figure 3 shows the results of the biodegradability rate variation of the edible cups after 12 days underground. There were not many differences between the biodegradability rate of the cups of the three treatments and the Control cup, with a range between 50 % and 68 % biodegradation during this period. A progressive biodegradation of the samples was observed on the third, seventh, and twelfth days.



**Figure 3** Biodegradability rate variation of edible cups and the control cup. T1: 50% wheat flour, 38% sorghum flour, and 2% coffee pulp flour; T2: 40% wheat flour, 45% sorghum flour, and 5% coffee pulp flour; T3: 30% wheat flour, 52% sorghum flour, and 8% coffee pulp flour.

### 3.4. DISCUSSION

#### 3.4.1. Color

The incorporation of coffee pulp flour in edible cup formulations can increase the color intensity. A similar situation was observed when the percentage of coffee grounds was increased in processing edible cups (Sutthida et al., 2019). This may be because, during the drying process of coffee pulp, non-enzymatic browning contributes greatly to the color changes and significantly reduces the brightness (Torres-Valenzuela et al., 2019).

#### 3.4.2. Protein and fiber content

The higher protein content of the edible cups obtained, compared to the Control sample, could be due to the presence of coffee pulp flour in the formulations (Gil-Ramírez et al., 2024). Similarly, incorporating a higher percentage of this flour with sorghum flour in T3 would increase fiber content (Ananda et al., 2020).

The protein and fiber content of all edible cups obtained was higher than that of dishes made with sorghum flour, rice, and spinach juice (Sood & Deepshikha, 2018). Similar is the case in the manufacturing of edible spoons with wheat flour and ragi ginseng powder (Hazra & Sontakke, 2023) and in that of edible spoons made with rice flour, millet, and wheat flour (Thagunna et al., 2023). However, the amount of protein and fiber in the edible cups of the three treatments studied resembles that of edible dishes made with wheat flour,



semolina, ragi, chickpea flour, orange peel powder, and mosambi (Stuti & Virginia, 2022).

### **3.4.3. Hardness**

The edible cups were less hard than edible biodegradable spoons made from wheat, millet, and rice flour (Dordevic et al., 2021; Yodkum et al., 2024). This fact could be attributed to the inclusion of coffee pulp flour and the progressive reduction of wheat flour in each formulation. At the same time, the increase in sorghum flour causes a slight increase in hardness (Sindhu et al., 2023) due to the higher amount of starch available in the formulation, as reported by Kigozi et al. (2016) in the manufacture of ice cream cones, where by increasing corn starch, mechanical hardness increased.

The degree of starch gelatinization and the availability of water during the baking of the containers are important factors in the hardness of the products (Tako et al., 2014; Udachan et al., 2012). Edible tableware made from wheat and corn flour has higher hardness values than edible cups due to the lower amount of wheat flour used (Rammya et al., 2024).

### **3.4.4. Water absorption**

The reduced water absorption values are directly related to the quality of the edible containers (Wulandari et al., 2023). The cups of treatments T2 and T3 present lower water absorption percentages than T1 and the Control cup. This is related to hardness values; lower water absorption percentages mean higher hardness values, as was also observed in the study by Siddiqui et al. (2023) on manufacturing edible spoons. The increase of sorghum flour together with coffee pulp flour may be the cause of the low water absorption percentages in treatments



T2 and T3 and the probable formation of starch-water networks leading to water retention (Kabir & Hamidon, 2021; Thagunna et al., 2023).

### **3.4.5. Resistance to liquids**

Biodegradable edible cups do not let the liquid pass through since they do not crack or get wet when in contact with liquids until the beverage they can hold is finished. A hot beverage is consumed in an average of 20 to 30 minutes; however, in commercial establishments such as cafeterias, this duration could increase to one hour. According to Shulga et al. (2023), the minimum acceptable duration of edible cups is  $45 \pm 5$  minutes, which is attributed to coffee drinking habits.

The higher content of sorghum flour in the treatments likely contributes to the water resistance in comparison to the Control sample. The results obtained agree with those reported by Kabir & Hamidon (2021) on edible spoons used in hot water and with those reported by Kigozi et al. (2014) on sorghum cones, where permeability was higher when water content was low and sorghum flour concentration was high.

The edible cups obtained in the three treatments showed higher resistance than edible tableware made with applesauce and dried vegetables (Makarova & Eremeeva, 2021); their durability increased when they were in contact with cold water and decreased when they contained hot water. The reduced resistance to hot water can weaken the bonds formed mainly with starch, making the cups brittle and susceptible to damage (Viswanathan & Pasupathy, 2017). Low temperatures help the containers last longer (Wulandari et al., 2023).



### **3.4.6. Biodegradability**

During the observation period, the biodegradability rate of the edible cups increased due to the absorption of soil moisture. This fact may be attributed to the natural ingredients used in all samples without preservatives, suggesting that the addition of sorghum and coffee pulp does not significantly influence the degradation rate. The low rainfall during the development of the trial reduced biodegradability because the soil remained slightly moist. Higher moisture accelerates spoilage processes, which is consistent with that reported by Hazra & Sontakke (2023) in manufacturing edible spoons from moringa peel. A related study conducted by Sindhu et al. (2023) found that edible spoons decomposed more quickly than edible cups. This difference could be attributed to the action of soil microorganisms and organic materials, which convert the spoons into carbon and energy through metabolic or enzymatic reactions.

### **3.5. CONCLUSIONS**

The inclusion of coffee pulp flour as an ingredient in the manufacture of edible cups allows for obtaining containers with good structural integrity and acceptable color. Water absorption capacity, resistance to liquids, and biodegradability rates are superior to those of commercially available edible containers, as well as their hardness, protein, and fiber content. Coffee pulp improves the properties of sorghum flour and reduces the percentage of wheat flour in the production of edible containers. Developing edible cups that include agro-industry by-products, such as coffee pulp flour, offers an innovative and environmentally friendly solution to the environmental challenges associated with nondegradable containers. Future works could consider introducing flours of other crops, such as quinoa and cañihua, in the formulation of edible cups.



## **AUTHORS' CONTRIBUTIONS**

Conceptual Idea: Chipana, C.; Methodology design: Chipana, C.; Data collection:  
Chipana, C.; Data analysis and interpretation: Chipana, C.; Leon, A. M.; Medina, W.;  
Writing and editing: Chipana, C.; Leon, A. M.; Medina, W.; Quispe, A. J.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anand, K., Martinez Arce, A., Bishop, G., Styles, D., & Fitzpatrick, C. (2024). A tasty solution to packaging waste? Life cycle assessment of edible coffee cups. *Resources, Conservation and Recycling*, *201*, 107320. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107320>
- Ananda, G. K. S., Myrans, H., Norton, S. L., Gleadow, R., Furtado, A., & Henry, R. J. (2020). Wild Sorghum as a Promising Resource for Crop Improvement. *Frontiers in Plant Science*, *11*(July), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01108>
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. *Aoac*, February.
- Arteaga, M. N., Dilas-Jiménez, J. O., Villanueva, N., Cernaqué, O. C., Tafur, S. M., Olivera, J. E., & Mugruza-Vassallo, C. A. (2021). Isolation and identification of a native microbial consortium for the coffee pulp degradation above 2000 masl. *Coffee Science*, *16*, 1–13. <https://doi.org/10.25186/v16i.1810>
- Blumenthal, P., Steger, M. C., Bellucci, A. Q., Segatz, V., Rieke-Zapp, J., Sommerfeld, K., Schwarz, S., Einfalt, D., & Lachenmeier, D. W. (2022). Production of Coffee Cherry Spirits from Coffea arabica Varieties. *Foods*, *11*(12), 1–28. <https://doi.org/10.3390/foods11121672>
- Choeybundit, W., Ahmad, K., Rachtanapun, P., & Tongdeesoontorn, W. (2022). Fabrication of edible and biodegradable cutlery from morning glory (Ipomoea aquatic) stem fiber-reinforced onto soy protein isolate. *Heliyon*, *8*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09529>
- Dordevic, D., Necasova, L., Antonic, B., Jancikova, S., & Tremlová, B. (2021). Plastic cutlery alternative: Case study with biodegradable spoons. *Foods*, *10*(7). <https://doi.org/10.3390/foods10071612>
- Galus, S., & Kadzinska, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Food Science & Technology*, *45*(2), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.011>
- Gemechu, F. (2020). Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation.



- Trends in Food Science & Technology*, 104, 235–261.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.005>
- Geremu, M., Tola, Y. B., & Sualeh, A. (2016). Extraction and determination of total polyphenols and antioxidant capacity of red coffee (*Coffea arabica* L.) pulp of wet processing plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3, 1–6.  
<https://doi.org/10.1186/s40538-016-0077-1>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gil-Ramírez, A., Rebollo-Hernanz, M., Cañas, S., Monedero, I., Rodríguez-Rodríguez, P., Gila-Díaz, A., Benítez, V., Arribas, S. M., Aguilera, Y., & Martín-Cabrejas, M. A. (2024). Unveiling the Nutritional Profile and Safety of Coffee Pulp as a First Step in Its Valorization Strategy. *Foods*, 13(18).  
<https://doi.org/10.3390/foods13183006>
- Habla, F. A., Estrada, J. P., Fulgar, E. D., Delfin, E., Hamos, P., & Escopete, A. J. (2023). Development of Non-Wheat Edible Spoon. *Sorsogon Multidisciplinary Research Journal*, 1(1), 1–12.  
<https://mrj.sorsu.edu.ph/index.php/journal/article/view/1>
- Hazra, S., & Sontakke, M. (2023). Process development and quality evaluation edible cutlery spoons supplemented with *Withania somnifera* root powder. *The Pharma Innovation Journal*, 12(5), 1874–1883. [www.thepharmajournal.com](http://www.thepharmajournal.com)
- I.C.O. (2023). *Coffee Report and Outlook International Coffee Organization*.  
[https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee\\_Report\\_and\\_Outlook\\_December\\_2023\\_ICO.pdf](https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf)
- Javanan, N., & Sadeghi, R. (2020). Biodegradable edible packaging based on starch: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 607–617.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04152-5>
- Kabir, M. H., & Hamidon, N. (2021). A Study of Edible Cutleries by Using Sorghum Flour. *Progress in Engineering Application and Technology*, 2(1), 292–300.  
<https://doi.org/10.30880/peat.2021.02.01.028>



- Karry. (2024). *La guía definitiva para envases alimentarios ecológicos: desde soluciones biodegradables hasta compostables*. Hongrenpacking.  
<https://hongrenpacking.com/es/blog/biodegradable-food-packaging-bags/>
- Kigozi, J., Banadda, N., Byaruhanga, Y., Kaaya, A., & Lule, F. (2016). Sorghum Ice Cream Cone Texture; Correlations Between instrumental and sensory analysis. *Journal of Advances in Food Science and Technology*, 3(3), 134–145.  
<https://www.researchgate.net/publication/361004440%0ASorghum>
- Kigozi, J., Banadda, N., Byaruhanga, Y., Kaaya, A., & Musoke, L. (2014). Optimization of Texture in Sorghum Ice Cream Cone Production Using Sensory Analysis. *The Open Food Science Journal*, 8(1), 18–21.  
<https://doi.org/10.2174/1874256401408010018>
- Klingel, T., Kremer, J., Gottstein, V., Rezende, R. de, Schwarz, S., & Lachenmeier, D. W. (2020). A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union. *Foods*, 9(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/foods9050665>
- Liu, C., Luan, P., Li, Q., Cheng, Z., Sun, X., Cao, D., & Zhu, H. (2020). Biodegradable, Hygienic, and Compostable Tableware from Hybrid Sugarcane and Bamboo Fibers as Plastic Alternative. *Matter*, 3(6), 2066–2079.  
<https://doi.org/10.1016/j.matt.2020.10.004>
- Makarova, N. V., & Ereemeeva, N. B. (2021). *Study of the organoleptic and physicochemical properties of edible packaging based on apple puree with addition of dried fruit and vegetable raw materials*. 1(31), 14–24.  
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-31-1-14>
- Mishra, V. K., Singh, N., & Nanda, A. (2024). Nutritional & Antimicrobial Analysis of Developed Edible Basket Using Nori Sheet. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 16(1), 38–51. <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2024/v16i11376>
- Nehra, A., Biswar, D., & Roy, S. (2022). Fabrication of brewer's spent grain fortified bio-based edible bowls: a promising alternative to plastic containers. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(14). <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03698-1>
- Nilsuwan, K., Benjakul, S., & Prodpan, T. (2021). Biodegradable films from fish gelatin



- incorporated with plant oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 27.  
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100584>
- Noor, A. A., Komathi, C. A., & Norita, I. (2011). Development and acceptability of edible cup from wheat flour and corn flour. *Journal of Food Research*, 1(1), 123–129.
- OCDE. (2022). *Perspectivas mundiales de los plásticos: Perspectivas económicas y políticas para una transición hacia la sostenibilidad*.  
[https://www.oecd.org/en/publications/global-plastics-outlook\\_de747aef-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/global-plastics-outlook_de747aef-en.html)
- Olea, N., Salamanca, E., Domingo, P., & Fernández, M. (2023). *¿Por qué el plástico es una amenaza para la salud?* [https://microservices.es/storage/3620/Plasticos-ciudadania\\_06](https://microservices.es/storage/3620/Plasticos-ciudadania_06)
- Rajendran, S. P., Saravanan, A., Namachivayam, G. K., Jambunathan, J., & Ramachandran, G. (2020). Optimization of composition for preparation of edible cutlery using response surface methodology (RSM). *AIP Conference Proceedings*, 2240(May). <https://doi.org/10.1063/5.0011042>
- Rammya, K., Aneena, E. R., Thomachan, S., Sharon, C. L., & Lakshmy, P. S. (2024). Standardization and Quality Evaluation of Wheat Flour Based Edible Tableware. *The Journal of Research ANGRAU*, 52(1), 94–102.  
<https://doi.org/10.58537/jorangrau.2024.52.1.11>
- Satheesh, K. V., Vikram, S., Vigneswaran, S. J., & Sudhanhari, C. T. A. (2021). Manufacturing methods of healthy and edible cups-An integrative review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1055(1).  
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1055/1/012017>
- Senthilkumar, P., Shankar, S., Sivananda, R., Harirajan, T., & Kumar, L. (2024). Formulation and quality assessment of biodegradable edible cutlery with banana and quinoa integration. *SSRN*. <https://ssrn.com/abstract=4921630>
- Shulga, O., Koretska, I., Chorna, A., Shulga, S., & Lin, Y. (2023). Consumer properties of biodegradable edible cups for hot drinks. *Ukrainian Food Journal*, 12(3), 336–351. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2023-12-3-3>



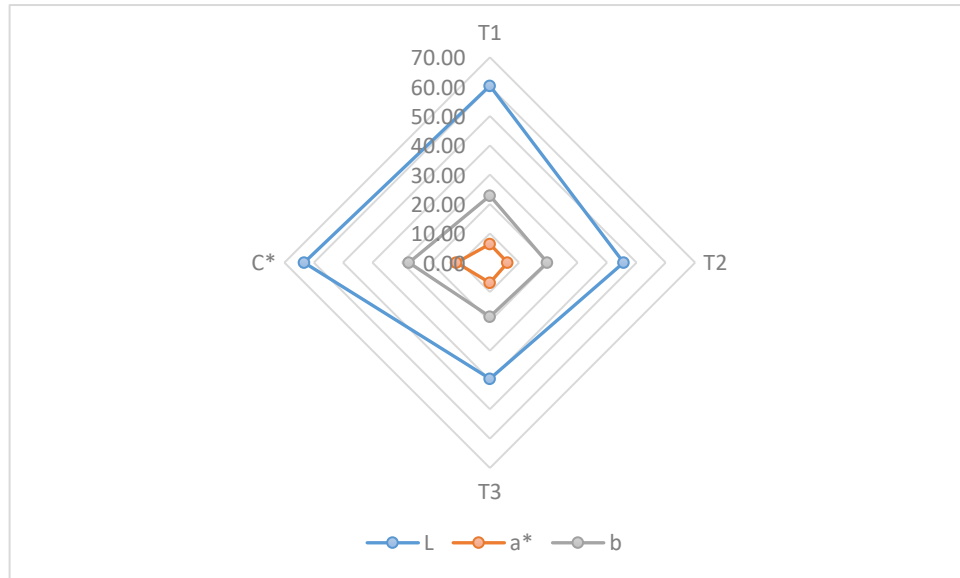
- Siddiqui, B., Ahmad, A., Yousuf, O., & Younis, K. (2023). Exploring the potential of mosambi peel and sago powder in developing edible spoons. *Sustainable Food Technology*, 1(6), 921–929. <https://doi.org/10.1039/d3fb00111c>
- Simantiris, N. (2024). Single-use plastic or paper products? A dilemma that requires societal change. *Cleaner Waste Systems*, 7, 100128. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100128>
- Sindhu, K., Swamy, R., & Prashanthi, M. (2023). Enrichment of edible spoons with natural colours. *The Pharma Innovation Journal*, 12(5), 4259–4263. [www.thepharmajournal.com](http://www.thepharmajournal.com)
- Sood, S., & Deepshikha. (2018). Development and quality evaluation of edible plate. *ARC Journal of Nutrition and Drowth*, 4(2). <https://doi.org/10.20431/2455-2550.0402001>
- Stuti, J., & Virginia, P. (2022). “Development and Standardisation of Edible Bowls by Utilization of Citrus Peel and Pulp.” *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES) ISSN*, 10(9), 502–504. [www.ijres.org](http://www.ijres.org)
- Sutthida, P., Keetakawee, R., Thiti, W., & Busba, M. (2019). *Physical Properties and Sensory Acceptability of Spent Coffee Ground as a Food Ingredient in Edible Cups*. 15–18. <https://doi.org/10.5220/0009982200002964>
- Tako, M., Tamaki, Y., Teruya, T., & Takeda, Y. (2014). The Principles of Starch Gelatinization and Retrogradation. *Food and Nutrition Sciences*, 05(03), 280–291. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.53035> The
- Thagunna, B., Shrestha, G., Karki, R., Baral, K., & Kaur, J. (2023). Development and Quality Evaluation of Biodegradable Edible Cutlery: a Replacement for a Conventional One. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 16(2), 49–52. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2023.v16i2.46382>
- Torres-Valenzuela, L. S., Martínez, K. G., Serna-Jimenez, J. A., & Hernández, M. C. (2019). Drying of coffee pulp: Process parameters, mathematical model and its effect over physicochemical properties. *Informacion Tecnologica*, 30(2), 189–200. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>



- Tracey, C., Predeina, A., Krivoshapkina, E., & Kumacheva, E. (2022). A 3D printing approach to intelligent food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 127(1), 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.05.003>
- Udachan, I. S., Sahoo, A. K., & Hend, G. M. (2012). Extraction and characterization of sorghum (sorghum bicolor L. moench) starch. *International Food Research Journal*, 19(1), 315–319.  
[https://www.researchgate.net/publication/256298169\\_Extraction\\_and\\_characterization\\_of\\_sorghum\\_Sorghum\\_bicolor\\_L\\_Moench\\_starch](https://www.researchgate.net/publication/256298169_Extraction_and_characterization_of_sorghum_Sorghum_bicolor_L_Moench_starch)
- Viswanathan, K., & Pasupathy, B. (2017). Studies on piston bowl geometries using single blend ratio of various non-edible oils. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(20), 17068–17080. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9344-3>
- Wright, S., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634–6647.  
<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Wulandari, T. D., Kinasih, C. P., Ramadhani, N. A., Syahbananto, G., & Listiaji, P. (2023). Characteristics of Edible Bowls Made from Papaya Skin as an Effort to Tackle Plastic Waste in Indonesia. *Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 119–126. <https://doi.org/10.15294/jese.v3i2.75377>
- Yodkum, T., Pajareon, S., & Yokesahachart, C. (2024). Effect of Defatted Rice Bran Content on Physicochemical and Sensory Properties of Edible Cutlery Made from Rice Flour Green Composites using Compression Molding. *Journal of Current Science and Technology*, 14(3). <https://doi.org/10.59796/jcst.V14N3.2024.62>
- Zambrano-Franco, D. A., & Isaza, J. D. (1998). Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. *Cenicafé*, 49(4), 279–289.  
[https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049\(04\)279-289.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049(04)279-289.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO 1. Parámetros de color de los diferentes tratamientos de vasos comestibles



### ANEXO 2. Tasa de biodegradabilidad de los vasos comestibles y de vaso Control

TRATAMIENTOS	Peso inicial (g)	Después de 3 días	Después de 7 días	Después de 12 días	Tasa de biodegradabilidad (%)
T1	25.00	34.00	38.00	42.00	68.00%
T2	32.00	40.00	45.00	50.00	56.25%
T3	23.00	30.00	35.00	38.00	65.22%
Control	24.00	25.00	28.00	36.00	50.00%



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Celia Chipana Quinonez  
identificado con DNI 70567378 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ Desarrollo y caracterización de vasos comestibles  
dobrados a partir de harina de trigo, sorgo  
y pulpa de café (Coffea arabica) ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 11 de setiembre del 2025

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Celia Chipana Quiñonez,  
identificado con DNI 70967378 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ Desarrollo y caracterización de vasos comestibles  
elaborado a partir de harina de trigo, sorgo y  
pulpa de café (Coffea arabica) ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 11 de Setiembre del 2025

  
FIRMA (obligatoria)



Huella