

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

EFECTO DEL SECADO SOBRE EL TIEMPO, LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y CRA DEL HONGO COMESTIBLE (*Suillus Luteus* A.).

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Bach. BRAYAN ALEXIS ROJAS CRUZADO

ASESOR:

Mg. PEDRO WILFREDO GAMBOA ALARCÓN


GAMBOA ALARCÓN PEDRO WILFREDO
ING. AGROINDUSTRIAL
Reg. Colegial de Ingenieros CIP N° 231967

CO-ASESOR:

Dra. MELINA LUZ MARY CRUZADO BRAVO


Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo
CIP 137514

CHOTA, PERÚ


2026

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Gamboa Alarcón Pedro Wilfredo, asesor de desarrollo de trabajo de investigación y revisor de la tesis del estudiante, BRAYAN ALEXIS ROJAS CRUZADO, titulada: “EFECTO DEL SECADO SOBRE EL TIEMPO, LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y CRA DEL HONGO COMESTIBLE (*Suillus Luteus A.*)”, constato que la similitud es de **19%** verificable en el reporte de originalidad del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas, asimismo cumple con el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 770-2025-UNACH de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Chota, 17 de marzo de 2026



Mg. Gamboa Alarcón Pedro Wilfredo
Asesor




19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema ana buscar inconsistencias que permitirían advertimos algo extraño, lo marcamos

Una marca de alerta no es necesariam recomendamos que preste atención y

Brayan Alexis Rojas Cruzado

EFECTO DEL SECADO SOBRE EL TIEMPO, LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y...

 EJERCICIO DE PRUEBA

 Ingeniería Agroindustrial

 Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

troid::1:3509860365

Fecha de entrega

17 mar 2026, 2:20 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

17 mar 2026, 2:34 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME_DE_TESIS_BRAYAN_ALEXIS-30_01_26.docx

Tamaño del archivo




11.0 MB

75 páginas

16.736 palabras

94.883 caracteres

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán

1	Internet	hdl.handle.net	2%
2	Internet	repositorio.unach.edu.pe	2%
3	Internet	revistas.lamolina.edu.pe	<1%
4	Internet	idoc.pub	<1%
5	Internet	tesis.unap.edu.pe	<1%
6	Internet	core.ac.uk	<1%
7	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
8	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	<1%
10	Internet	es.scribd.com	<1%
11	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%

12	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
13	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorio.untrm.edu.pe	<1%
15	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
16	Internet	revistacopala.net	<1%
17	Trabajos del estudiante	University College Birmingham	<1%
18	Internet	cia.uagraria.edu.ec	<1%
19	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
20	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
21	Internet	www.researchgate.net	<1%
22	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
23	Internet	repositorio.unaaa.edu.pe	<1%
24	Internet	biblioteca.esPOCH.edu.ec	<1%
25	Internet	revistas.unipamplona.edu.co	<1%

26	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Católica del Perú	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Perú	<1%
28	Internet	repositorio.unac.edu.pe	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autónoma de Chota	<1%
30	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
31	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
32	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
33	Internet	docplayer.es	<1%
34	Internet	revistas.uach.cl	<1%
35	Internet	www.revistabosque.org	<1%
36	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
37	Internet	repositorio.upec.edu.ec	<1%
38	Internet	repositorio.espe.edu.ec	<1%
39	Internet	bioone.org	<1%

40	Internet	investigacion.upb.edu.co	<1%
41	Internet	revistas.unamba.edu.pe	<1%
42	Internet	www.slideshare.net	<1%
43	Internet	dspace.utb.edu.ec	<1%
44	Internet	repositorio.unab.edu.pe	<1%
45	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
46	Internet	www.scielo.br	<1%
47	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
48	Trabajos del estudiante	University of Northumbria at Newcastle	<1%
49	Trabajos del estudiante	University of Warwick	<1%
50	Internet	www.123-stickers.com	<1%
51	Publicación	Nguyen, M.H.. "Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab ...	<1%
52	Internet	www.ana.gob.pe	<1%
53	Internet	www.iesppazangaro.edu.pe	<1%

54	Publicación	JADER RODRIGUEZ CORTINA. "CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA INTENSIFICACI...	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Rafael Landívar	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universiti Malaysia Terengganu UMT	<1%
57	Internet	dspace.esPOCH.edu.ec	<1%
58	Internet	iksadyayinevi.com	<1%
59	Internet	1library.co	<1%
60	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
61	Internet	repositorio.esPAM.edu.ec	<1%
62	Internet	repositorio.unah.edu.pe	<1%
63	Internet	www.docSity.com	<1%
64	Publicación	Laura Calabuig Jiménez. "Mejoras tecnológicas para el aumento de la funcionalid...	<1%
65	Internet	acikbilim.yok.gov.tr	<1%
66	Internet	dialnet.unirioja.es	<1%
67	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%

68	Internet	revistas.reduc.edu.cu	<1%
69	Internet	revistascientificas.cuc.edu.co	<1%
70	Internet	unach.edu.pe	<1%
71	Internet	www.catawiki.com	<1%
72	Internet	www.cipav.org.co	<1%
73	Publicación	Coelho, Nuno Miguel de Moura Antunes e Valejo. "Ten-Year Experience in Desce...	<1%
74	Publicación	Quispe Chambi, Whany. "Efecto de tiempo y temperatura de cocción, sobre las ca...	<1%
75	Publicación	Yuniel Méndez, Yenny Torres, Yilian Pérez, Misleidi Romás, Edilmar Cortés. "Effect...	<1%
76	Internet	digi.usac.edu.gt	<1%
77	Internet	erepository.uonbi.ac.ke	<1%
78	Internet	repositorio.pedagogicochimbote.edu.pe	<1%
79	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
80	Internet	worldwidescience.org	<1%
81	Publicación	Francileni P. Gomes, Osvaldo Resende, Elisabete P. de Sousa, Juliana A. Célia, Fran...	<1%

82	Publicación	Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej...	<1%
83	Publicación	LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA. "Aplicación de métodos combinados para el co...	<1%
84	Internet	archiv.ub.uni-heidelberg.de	<1%
85	Internet	bibliotecadigital.exactas.uba.ar	<1%
86	Internet	prezi.com	<1%
87	Internet	qdoc.tips	<1%
88	Internet	renati.sunedu.gob.pe	<1%
89	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
90	Internet	repositorio.unisinucartagena.edu.co:8080	<1%
91	Internet	repositorio.uta.edu.ec	<1%
92	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
93	Internet	revistas.unicauca.edu.co	<1%
94	Internet	revistas.unj.edu.pe	<1%
95	Internet	www.cop.org.pe	<1%

96	Publicación	Sanchez, Christian Santos Cornejo. "Impactos De Los Desastres Naturales En El Cr..."	<1%
97	Publicación	Guadalupe Chaquilla-Quilca, Luis Fernando Pérez-Falcón, Franklin Lozano, Alfred...	<1%
98	Publicación	Lais Brito Cangussu, Ana Letícia Rodrigues Costa, Adriana Silva Franca, Leandro S...	<1%



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA
Reglamento de Grados y Títulos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 014-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N°554-2025-FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Ph.D. Frank Fluker Velásquez Barreto	Presidente
MBA. José Felipe Garrido Julca	Secretario
Mg. Martín Díaz Torres	Vocal

De la tesis titulada:

"EFECTO DEL SECADO SOBRE EL TIEMPO, LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y CRA DEL HONGO COMESTIBLE (*Suillus Luteus* A.)"

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
Brayan Alexis Rojas Cruzado	74562459

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Agroindustrial

Acuerdan por:

Unanimidad Mayoría

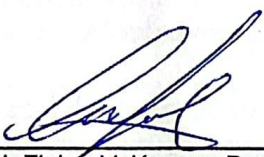
Aprobar Desaprobar

Otorgando la calificación de:

13	Aprobado
	Excelente
	Bueno
X	Regular

Desaprobado


Colpa Huacaris 26 de enero del 2026




 Ph.D. Frank Fluker Velásquez Barreto
Presidente



 MBA. José Felipe Garrido Julca
Secretario



 Mg. Martín Díaz Torres
Vocal



 Pedro Wilfredo Gamboa Alarcón
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme recibir sus bendiciones y proveerme la fuerza que necesito para vencer cada uno de los obstáculos que he encontrado durante mi vida. Él me ha ayudado a completar mis estudios en Ingeniería Agroindustria.

A mis padres y hermanos, con un profundo agradecimiento y amor por todo el esfuerzo, la entrega y el sacrificio que llevaron a cabo durante los cinco años de mi formación, ayudándome a crecer como individuo y profesional con firmes principios, costumbres y sentimientos que me han apoyado en los instantes más difíciles. Me dieron apoyo y fe en cada fase de mi trayectoria universitaria, lo que me impulsó a seguir adelante pese a las dificultades que se me presentaban.

A mis maestros, que a lo largo de mi carrera universitaria brindaron sus conocimientos, vivencias y momentos felices para ayudarme a cumplir este deseo sin esperar ningún tipo de recompensa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la existencia y a la Universidad Nacional Autónoma de Chota por ofrecerme la oportunidad de avanzar en mi carrera, así como a los diversos profesores que compartieron su sabiduría para lograr mis objetivos. Estoy agradecido con mi familia por su apoyo constante en cada elección de mi trayectoria profesional, y agradezco a la vida por mostrarme que, a pesar de los obstáculos que enfrentamos diariamente, siempre hay una respuesta para cada desafío

Estoy igualmente agradecido con mi asesor de tesis, el Ing. Pedro Wilfredo Gamboa Alarcón, por darme la oportunidad de ser su estudiante y por permitirme acceder a su experiencia y saber científico, así como por haber demostrado una paciencia infinita para lograr un excelente avance en esta tesis.

El proceso de enfrentar este cambio no ha sido sencillo hasta el momento; podría ser que nunca lo sea, pero gracias a sus contribuciones, su cariño, su generosidad y respaldo, lo difícil de lograr y cumplir con el objetivo en esta fase de mi vida ha sido más soportable. Les estoy muy agradecido y quiero expresar mi profundo cariño hacia todos ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Planteamiento del Problema.....	22
1.2. Formulación del Problema	23
1.3. Justificación.....	23
1.4. Objetivos de la Investigación	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	26
2.1. Antecedentes	26
2.2. Bases teóricas – científicas.....	28
2.3. Marco Conceptual	40
2.4. Hipótesis.....	41
2.5. Operacionalización de Variables.....	42
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	43
3.1. Tipo y Nivel de Investigación	43
3.2. Diseño de Investigación	43
3.3. Métodos de Investigación.....	45
3.4. Población, Muestra y Muestreo.....	48
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	48
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	49
3.7. Aspectos Éticos	49
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Descripción de resultados.....	50
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	62
4.3. Discusión de Resultados.....	64
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones.....	70

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	71
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Taxonomía de los hongos silvestres comestibles Suillus luteus</i>	19
Tabla 2 <i>Características químicas del Suillus luteus</i>	23
Tabla 3 <i>Composición de algunos hongos comestibles</i>	24
Tabla 4 <i>Variables, indicadores y métodos</i>	30
Tabla 5 <i>Tratamientos experimentales</i>	31
Tabla 6 <i>Variables de estudio</i>	32
Tabla 7 <i>Instrumentos y técnicas de recolección de datos</i>	37
Tabla 8 <i>Características fisicoquímicas del hongo comestible después del secado</i>	59
Tabla 9 <i>Parámetros de color del hongo comestible después del secado</i>	45
Tabla 10 <i>Características microbiológicas del hongo comestible después del secado</i>	45
Tabla 11 <i>Resumen del análisis estadístico (ANOVA) para contrastación de hipótesis</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Agrupación de hifas fúngicas que forman el micelio</i>	32
Figura 2 <i>Partes del cuerpo fructífero</i>	33
Figura 3 <i>Estados de desarrollo (Suillus luteus)</i>	34
Figura 4 <i>Esquema experimental del trabajo de investigación</i>	44
Figura 5 <i>Variación del contenido de proteína del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	51
Figura 6 <i>Variación de la humedad del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	52
Figura 7 <i>Variación de del contenido de cenizas del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	53
Figura 8 <i>Pérdida de peso del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	54
Figura 9 <i>Actividad de agua (a_w) del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	55
Figura 10 <i>Luminosidad (L^*) del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i> ...57	57
Figura 11 <i>Parámetro a^* del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	57
Figura 12 <i>Parámetro b^* del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	58
Figura 13 <i>Tiempo y temperatura de secado para conservar las características fisicoquímicas del hongo</i>	60
Figura 14 <i>Comparación de tratamientos según deseabilidad</i> ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 15 <i>Capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible en función a la temperatura y espesor</i>	61

RESUMEN

El propósito fundamental de este estudio fue analizar el efecto del secado a diferentes temperaturas y espesores sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas y capacidad retención de agua (CRA) del hongo comestible *Suillus luteus* A. Para ello se tomó una muestra de 10 kg de hongo del caserío de Moran Alto, distrito y provincia de Hualgayoc. Se aplicó 3 temperaturas de secado (60, 70 y 80 °C) y dos espesores (1 y 2 cm) con un testigo a temperatura ambiente. Se determinó las características fisicoquímicas (proteínas, humedad, cenizas, pérdida de peso, a_w y color), microbiológicas (*Coliformes*, *Aerobios mesófilos*, mohos y levaduras), el tiempo de secado y la CRA. Los resultados mostraron efectos significativos ($p < 0,05$) de ambos factores sobre el contenido de proteínas, donde a mayor temperatura (80 °C) y espesor de 2 cm sufrió mayor pérdida; la humedad se redujo al incrementarse la temperatura y al ser menor el espesor, la temperatura ambiente presentó la humedad más alta; el contenido de cenizas fue similar en todos los tratamientos en función a la temperatura, y significativamente diferente según el espesor. Asimismo, la mayor pérdida de peso se produjo al incrementarse la temperatura, con una actividad de agua superior a temperatura ambiente; el color mostró diferencias significativas según la temperatura y espesor. En cuanto a lo microbiológico, los *Aerobios mesófilos*, *coliformes totales*, mohos y levaduras presentaron valores que cumplen con la R.M. N° 591-2008/MINSA, siendo mejor los resultados en el hongo deshidratado. El tiempo de secado fue menor a mayor temperatura, siendo a 80 °C el tiempo más corto. Finalmente, la CRA fue mayor a temperatura ambiente. Se concluye que la temperatura de secado y el espesor si afectan significativamente ($p < 0,05$) a las características del hongo comestible.

Palabras Clave: efecto, secado, temperatura, espesor, hongo comestible

ABSTRACT

The main purpose of this study was to analyze the effect of drying at different temperatures and thicknesses on time, physicochemical and microbiological characteristics and water retention capacity (CRA) of the edible fungus *Suillus luteus* A. To do this, a sample of 10 kg of mushroom was taken from the hamlet of Moran Alto, district and province of Hualgayoc. 3 drying temperatures (60, 70 and 80 °C) and two thicknesses (1 and 2 cm) were applied with a control at room temperature. The physicochemical characteristics (proteins, moisture, ashes, weight loss, w and color), microbiological characteristics (*coliforms*, *mesophilic aerobes*, molds and yeasts), drying time and CRA were determined. The results showed significant effects ($p < 0.05$) of both factors on protein content, where the higher the temperature (80 °C) and thickness of 2 cm it suffered greater loss; humidity was reduced as the temperature increased and as the thickness was lower, the ambient temperature presented the highest humidity; the ash content was similar in all treatments depending on the temperature, and significantly different depending on the thickness. Likewise, the greatest weight loss occurred with increasing temperature, with water activity higher than room temperature; The color showed significant differences according to temperature and thickness. Regarding the microbiological, the *mesophilic aerobes*, *total coliforms*, molds and yeasts presented values that comply with R.M. No. 591-2008/MINSA, with better results in the dehydrated fungus. The drying time was shorter at higher temperatures, with 80 °C being the shortest. Finally, the CRA was higher at room temperature. It is concluded that the drying temperature and thickness significantly affect ($p < 0.05$) the characteristics of the edible mushroom.

Keywords: effect, drying, temperature, thickness, edible mushroom.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El cultivo de hongos silvestres comestibles, actualmente contribuye de manera importante en la agroindustria, ya que se consumen más de mil variedades y enriquece dietas de diferentes culturas a nivel mundial, pues no solo proporcionan elementos nutricionales clave, sino que también forman parte de costumbres gastronómicas antiguas y crean fuentes de ingresos en numerosas comunidades (Merino & Márquez, 2024). Estos organismos no contienen grasas ni colesterol, son bajos en sodio y ricos en proteínas, fibras, carbohidratos y vitaminas, además de ofrecer propiedades antioxidantes y medicinales (Victoria et al., 2024). En el Perú existen alrededor de 40 especies comestibles, sin embargo, su comercialización es limitada, siendo el hongo *Suillus luteus* el más conocido y procesado para su consumo a nivel nacional, principalmente en las regiones de Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cusco y Cajamarca (Holgado et al., 2025). En Cajamarca, la provincia de Chota cuenta con la mayor producción debido a la existencia de bosques y un clima adecuado para su crecimiento.

Sin embargo, estos hongos comestibles son deshidratados en ambientes inadecuados y en condiciones precarias, que ocasionan que estos sean afectados por factores bióticos del clima, generando que gran parte de este producto se deteriore. Esto conlleva, además, a la alteración de sus propiedades y características debido a la proliferación de microorganismos que deterioran al hongo y pierden la oportunidad de ser aprovechados.

A ello se le suma que a pesar de que existe una gran producción, su comercialización cuenta con una tecnología escasa, manteniéndose el sistema de deshidratado artesanal y semi industrial; dichos métodos tradicionales generan mayor pérdida de producción y prolongan el tiempo de secado lo que provoca que el producto sea de baja calidad y por ende el consumidor suele rechazarlo (Gallegos, 2023). Asimismo, en los bosques pertenecientes a la provincia de

Chota su recolección y uso es limitado, debido a que la población desconoce la importancia nutricional y las distintas propiedades beneficiosas que posee este tipo de producto.

Se ha evidenciado también, un desconocimiento del tiempo adecuado para el secado del hongo comestible y el efecto que esta causa sobre el tiempo de secado, características fisicoquímicas y microbiológicas del producto lo que provoca que el productor realice el secado, pero en condiciones inadecuadas, lo que produce pérdidas financieras para los productores. Considerando los aspectos anteriores, el propósito primordial de este estudio es analizar el impacto del secado en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y la capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible *Suillus luteus* A. empleando diversas temperaturas y grosores.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto del secado a diferentes temperaturas y espesor sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas y capacidad de retención de agua (CRA), del hongo comestible *Suillus luteus* A?.

1.3. Justificación

Actualmente el consumo de hongos comestibles ha ido en aumento debido a las propiedades nutricionales y su consumo se podría aprovechar de mejor forma si este es deshidratado ya que se puede conservar por un mayor tiempo; por lo tanto, a través de esta investigación se pretende mejorar el proceso de secado del hongo comestible y determinar el tiempo adecuado permitiendo la correcta deshidratación y evitando pérdidas en dicho proceso; esto logrará principalmente conservar sus características fisicoquímicas del producto.

Lo más importante de esta tesis es que contribuirá con potenciar el incremento del nivel de oferta del hongo en el mercado nacional e internacional, dando a conocer nuestra potencia productiva en este rubro que está escasamente desarrollado y también permite conocer sobre la variabilidad natural que ofrece el *Suillus luteus*. El mismo posee excelentes cualidades

culinarias y un alto contenido proteico en estado deshidratado, el cual se considera un alimento perfecto para individuos de cualquier edad, ya que podría mejorar su calidad de vida. Además, su consumo podría incentivar tanto a la población del campo como de la ciudad a incluirlo en su dieta. Asimismo, fomentará la formación de asociaciones productoras de hongos que, mediante la forestación con árboles de pino, aprovechen este recurso, cuya producción es silvestre, estacional y no afecta al medio ambiente.

Además, el aprovechamiento se volvería más eficiente, reflejándose en sus ingresos económicos de los productores, porque venderían un producto con buenas características organolépticas en un menor tiempo.

Por lo tanto, se resalta que el presente trabajo generaría una alternativa económica sostenible en el tiempo y sería económicamente rentable para su implementación en los productos rurales, con ello, cubrir la demanda existente de hongos de calidad actualmente muy requerida por el mercado. Asimismo, esta investigación permitirá a futuros investigadores e instituciones tomarlo como una base de datos e información para realizar estudios complementarios.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del secado a diferentes temperaturas y espesor sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas y capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible *Suillus luteus* A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas (proteínas, humedad, cenizas, pérdida de peso, a_w y color) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) fresco y seco.
- Evaluar el efecto de la temperatura y espesor en las características microbiológicas (*Aerobios mesófilos*, *Coliformes totales*, mohos y levaduras) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.).
- Determinar el tiempo y temperatura de secado que permita conservar mejor las características fisicoquímicas del hongo (*Suillus luteus* A.) comestible seco.
- Evaluar el efecto de temperatura y espesor sobre la capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) seco.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Zapana (2024) evaluó cómo influye el grosor del hongo y la velocidad del aire caliente en el deshidratador durante el proceso de deshidratación. Con el propósito de este estudio, se consideraron espesores de 0,5 cm, 1,0 cm y 1,5 cm; velocidades de secado de 0,5 m/s., 1 m/s y 1,5 m/s; así como una temperatura de secado de 60 °C. Los hallazgos revelaron que la muestra con un espesor en el corte de 0,5 cm y a una velocidad de secado de 1,5 m/s experimentó la reducción más alta del peso (92,7 %), con variaciones que son estadísticamente relevantes ($p \leq 0,05$) entre las distintas combinaciones según el espesor y la velocidad del aire caliente. Esto quiere decir que ambos factores actuaron independientemente sobre la variable "porcentaje de pérdida de peso". Concluyó que la pérdida de peso en 300 minutos es más alta cuando hay una velocidad de aire caliente mayor y un espesor menor, con una humedad constante del 7,38 %. El tratamiento óptimo fue el de la muestra a un espesor de 0,5 cm y a una velocidad del aire caliente de 1,5 m/s.

Chaquilla et al., (2024) determinaron de que manera influye la temperatura y metodos de secado en la deshidratación del hongo comestible *Suillus luteus*. Para ello utilizaron 3 temperaturas de secado (50 y 70 °C) y dos metodos (secado en horno y secado al vacío), Determinaron sus características físicas, funcionales y sensoriales. Como resultados encontraron diferencias significativas entre cad uno de los tratamientos, donde a mayor temperatura y el secado al vacío mostraron los maximos valores para los atributos del color, estas mismas condiciones de secado tambien reportaron una mayor retención de compuestos bioactivos (fenoles y capacidad antioxidante). Finalmente las muestras secadas a 70 °C evidenciaron las mejores características sensoriales, siendo esta temperatura la mas recomendable para secar este tipo de productos, ya que ofrecen una mayor conservación.

Chaquilla et al. (2024) evaluaron la influencia de la temperatura, método de secado y el pretratamiento en la deshidratación del hongo comestible *Suillus luteus*, enfocándose en sus características físicas, funcionales y sensoriales. Emplearon dos temperaturas de secado (50 y 70 °C), dos métodos de secado (horno y vacío) y dos técnicas de pretratamiento (ácido cítrico al 1 % y escaldado). Los hallazgos revelaron diferencias importantes ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Las temperaturas de secado más elevadas mostraron características de color más notables. En las muestras secas, la concentración de polifenoles y la capacidad de antioxidación se redujeron.; sin embargo, los tratamientos secados a temperaturas elevadas al vacío mostraron una mejor conservación de estos compuestos. Las muestras deshidratadas a 70 °C al vacío mostraron características sensoriales superiores. Concluyeron que el secado de *Suillus luteus* a temperaturas más altas al vacío, ofrecen una mejor calidad de conservación y aceptabilidad sensorial.

Huamán (2020) realizó una investigación con el objetivo de innovar el proceso de deshidratación de setas gourmet de exportación, ya que su contenido de humedad se encuentra entre 90 a 95 % y el proceso de crecimiento tarda 72 horas en un ambiente con constante lluvia, llegan a alcanzar un diámetro de 25 cm con un peso cercano a los 500 g, debido a su alto contenido de humedad, se está buscando comercializarlos deshidratados por medio de un secador solar creado fundamentalmente para hongos. Conjuntamente, cumplen con las regulaciones de inocuidad alimentaria y garantizan la calidad porque cada parámetro organoléptico (color, sabor y olor) fue evaluado. Por ende, se finalizó el proceso de secado a través del modelo SYM-3.0, que hace posible conseguir setas de alta calidad, con una producción de 75 a 100 kg de hongos deshidratados de calidad Gold.

Gallegos (2023) estudió el efecto de la deshidratación artesanal sobre las características de hongos comestibles *Suillus luteus*. Para ello, consideró 9 unidades experimentales (18 kg de muestra). Determinó las características físicas (color, peso y humedad) y nutricionales (grasa,

carbohidratos, proteína y ceniza). Los resultados mostraron que el color en la mayoría de hongos fue marrón oscuro, y solo en algunos de ellos fue más claro. Las propiedades nutricionales presentaron valores estadísticamente distintos en cada uno de los tratamientos. Concluyó que la deshidratación reflejó una modificación sustancial de la morfología y de componentes nutricionales del hongo *Suillus luteus*.

En la investigación realizada por Benito (2019), evaluó cómo la temperatura y el grosor influyen en el valor nutricional del hongo de pino (*Suillus luteus* A.). Para este estudio se utilizaron hongos que se secaron a temperaturas de 50 y 60 °C, con un grosor de 1 cm, lo que generó cuatro tratamientos que se sometieron a análisis en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas y composición química proximal. Las derivaciones mostraron que el tratamiento 4 (60 °C y 1 cm) fue el que tuvo la mejor calidad nutricional después del procedimiento de deshidratación. Este mostró un pH de 6,44 y una acidez titulable de 0,14 %. Además, tenía un contenido de humedad del 11,05 %, una cantidad de grasa del 6,24 %, carbohidratos en un porcentaje del 36,77 %, proteína en un porcentaje del 22,46 %, fibra en un porcentaje del 16,97 % y ceniza en un porcentaje del 6,50 %. Se llegó a la conclusión de que tanto la temperatura como el espesor tuvieron un impacto importante sobre el hongo (*Suillus luteus* A.).

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Hongos (*Suillus luteus* A.)

Son organismos que pueden ser multicelulares o unicelulares y que desempeñan un papel mediador en relación con los animales y las plantas. Su método de nutrición es heterótrofo, lo que implica que no realizan la fotosíntesis, ya que participan en la transferencia de nutrientes y en los ciclos biogeoquímicos. A través de sus hifas, son capaces de modificar la composición y la capacidad de filtración del terreno, y establecen relaciones de mutualismo con algas, plantas, termitas y hormigas. Los hongos micorrícicos desempeñan un papel esencial

para que las plantas puedan sobrevivir en los ecosistemas naturales. Al mismo tiempo, se hace énfasis en bondades que presentan los hongos para la humanidad, pues estos se emplean como alimentos y levaduras para hacer pan, fermentar cerveza y vino, madurar quesos e incluso manejar biológicamente plagas (De la Cruz, 2020).

De manera similar a los animales, la energía que utilizan proviene del glucógeno, y sus células están rodeadas por una membrana que usualmente está formada por un polisacárido conocido como quitina (N-ACETIL-D-glucosamina). Estas células pueden unirse para formar estructuras filamentosas denominadas hifas (Figura 1), las cuales, en conjunto, forman el micelio que se adentra en el sustrato (Muller, 2019).

2.2.2. Características del hongo *Suillus luteus*

El *Suillus luteus* A. es un hongo que crece de manera natural y establece relaciones micorrízicas con una gran parte de las coníferas, especialmente con el pino radiata y el patula; su principal meta es reducir el ciclo de crecimiento de los pinos de 45 a 25 años. En este tipo de simbiosis, el hongo aporta nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y nitritos, lo que ayuda a que el pino crezca rápidamente, ya que obtiene energía por medio de la fotosíntesis. Se llama hongo a la sección blanquecina que está relacionada con las raíces adicionales del pino, y se denomina carpóforo o hongo a la porción del hongo que es recogido en los bosques. Los micelios son sus estructuras reproductivas (Huamán, 2020).

2.2.3. Clasificación de los hongos

Según Durand y Ortiz (2018) indica que la clasificación se agrupa en tres reinos diferentes:

Reino Fungí. Son los hongos verdaderos, que tienen estructuras celulares compuestas de glucanos y quitina. Estos organismos tienen más afinidad con el reino animal que con las plantas, dado que constituyen un grupo distinto. Sin embargo, están conectados con grupos previos, especialmente con la clase de los ascomicetos.

Reino Chromista. Se trata de organismos algales que han dejado de tener clorofila. Usualmente, las membranas celulares de estos organismos carecen de glucanos y quitina.

Reino Protozoo. La mayoría de los miembros de la anterior clasificación se encuentran aquí, ya que no tienen pared celular y se nutren mediante la fagocitosis, incluyendo a los conocidos como (mohos mucilaginosos).

2.2.4. Etapas de desarrollo del hongo *Suillus luteus*

Según De la Torre (2020) menciona que, durante el proceso de desarrollo, los hongos comestibles pasan por diversas etapas, los mismos que se describen a continuación:

Primordio. Esta fase corresponde a la juventud, en la cual es más adecuado para ser comercializado principalmente como champiñón entero destinado a la salmuera.

Adulto. Al iniciarse el proceso, se crea un círculo en el tallo, momento en el que el hongo llega a su fase de madurez, siendo preferible cortarlo y luego deshidratarlo.

Senescente. Se refiere a la materia prima en su plena madurez, la cual ha perdido su forma redondeada y no debe ser cosechada, ya que suele contener larvas de insectos o presenta otros problemas de salud y/o calidad.

2.2.5. Clasificación taxonómica de los hongos silvestres comestibles *Suillus luteus*

Los hongos silvestres que se pueden consumir tienen una clasificación taxonómica relevante, la cual se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1*Taxonomía de los hongos silvestres comestibles Suillus Luteus*

Clasificación Taxonómica	
Nombre científico	Suillus Luteus
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Homobasidiomycetes
Orden	Boletales
Familia	Suillaceae
Género	<i>Suillus</i>
Especie	<i>S. luteus</i>

Nota. Esta tabla muestra la taxonomía de los hongos comestibles obtenida de Torres (2020).

2.2.6. Características físicas del hongo *S. luteus*

Las setas comienzan su desarrollo aproximadamente a los cuatro años de vida del bosque, alcanzando su máxima producción en el quinto y sexto años. A partir de ese momento, su rendimiento tiende a disminuir poco a poco, a menos que se realicen prácticas de manejo forestal. El sombrero de la seta tiene un diámetro que varía entre 4 y 18 cm; al principio tiene forma hemisférica y luego se vuelve convexo. Presenta colores variados, que pueden ir desde tonalidades amarillentas hasta un marrón oscuro. Este sombrero es muy gelatinoso y pegajoso, debido a la cutícula húmeda, la cual debe ser retirada antes de consumirla, ya que puede ocasionar molestias gastrointestinales (Leiva, 2017).

2.2.7. Estructura general y estado de desarrollo del hongo *Suillus luteus*

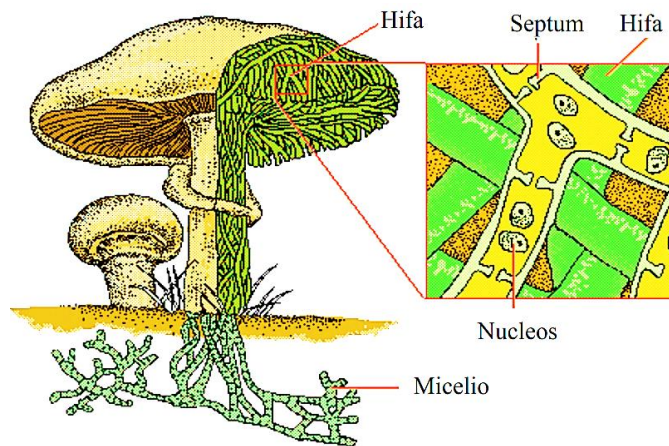
En la parte inferior de la cabeza o sombrero (himenio) se encuentran tubos que, en conjunto, dan una apariencia porosa similar a una esponja. En estas formaciones se alojan las esporas, que tienen un tono marrón claro. La textura porosa presenta diferentes matices que

varían desde un color crema hasta un amarillo a medida que la seta va madurando, de ahí su denominación de "hongos con poros carnosos" (Granados y Torres, 2018).

Principalmente, el pie es corto, con medidas que fluctúan entre 3 y 13 cm de largo y de 1 a 3 cm de ancho, presentando un tono que varía del blanco al amarillo suave. Generalmente, al alcanzar la madurez fisiológica, la parte superior muestra puntos glandulares y un anillo membranoso bien estructurado, fuertemente conectado al tallo (estípite), que es el remanente del velo que oculta la parte baja del sombrero. Esta diferencia es notable al compararla con la especie *S. granulatus*, que también presenta anillo (Tantalean, 2021), como se puede ver en la Figura 1.

Figura 1

Agrupación de hifas fúngicas que forman el micelio



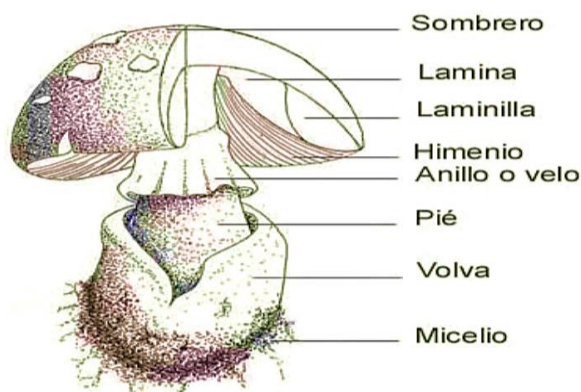
Nota. La imagen ilustra el hongo comestible, que muestra cómo se agrupan las hifas fúngicas para crear el micelio, que se desarrolla tanto en la tierra como en el cuerpo fructífero, desde una perspectiva microscópica, tomado de Tantaleán (2021).

El cuerpo reproductor de los basidiomicetos tiene una forma distintiva y está formado por dos partes esenciales: el sombrero y el pie. La sección superior del sombrero tiene una capa llamada cutícula; en cambio, el área interior que va hacia el suelo contiene las láminas compuestas de millones de basidios microscópicos, que son las que producen las basidiosporas (Granados y Torres, 2018).

En ciertas especies, como las de los bolétales, el himenio, que es el conjunto de láminas, no presenta la misma formación, sino más bien se presenta como una estructura de poros, parecida a la de una esponja. En la parte inferior del cuerpo reproductor, se encuentra lo que se conoce como un velo o anillo. Estas son las consecuencias de la cutícula que resguardaba y mantenía el himenio cerrado mientras se formaba. Esta se quiebra en el momento en que las esporas están listas para ser esparcidas (estados 6 y 7) (Figura 2). Del mismo modo, en la parte inferior del pie de algunas variedades, se puede observar la volva; esta aparece solo en determinadas ocasiones y su rol es actuar como una estructura de protección temporal en las etapas iniciales del organismo reproductor (estados inmaduros 1-3). Se conecta directamente con el micelio (Tantalean, 2021).

Figura 2

Partes del cuerpo fructífero



Nota. La imagen representa al hongo comestible y sus partes. Extraído del diagnóstico del escenario agro socioeconómica de la elaboración de hongo silvestre comestible (*Suillus luteus* A.) en tres poblaciones rurales en el departamento de Lambayeque realizado por Granados y Torres (2018).

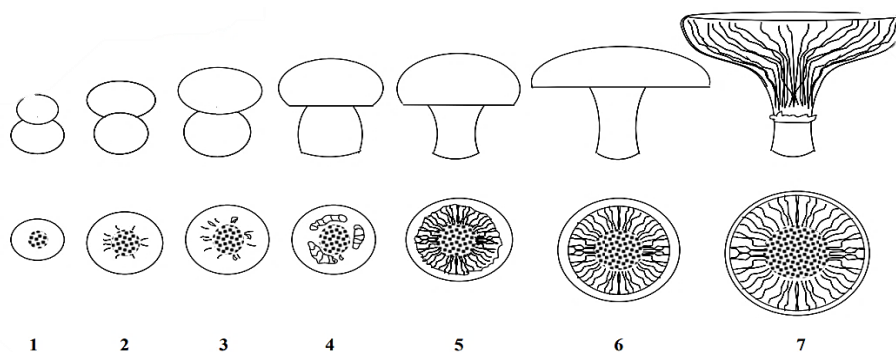
- **Sombrero o píleo:** esta parte está recubierta por una capa externa que puede variar en color, tamaño y propiedades, mostrando líneas o manchas, dependiendo del clima y el tipo de sustrato en los cuales se desarrollan.
- **Himenio o agrupación de órganos reproductores (ascos o basidios):** en la parte más baja del hongo se encuentra una fina capa de tejido, cuya forma varía según la

especie y cumple una función importante que es servir como soporte del cuerpo del hongo.

- **Pie o estípite:** es la sección del hongo que sustenta el sombrero, logra estar ubicado en el centro o de manera excéntrica, y su tamaño puede ser corto o largo, con forma cilíndrica o globosa.
- **Anillo o velo parcial:** hace referencia a los restos de la envoltura juvenil que se producen a medida que el hongo madura y, al no eliminarse completamente, se quedan alrededor del pie en una especie de collar.
- **Velo general:** es el recubrimiento que rodea a la totalidad de las especies, durante la formación del hongo este se rompe y da paso al crecimiento del sombrero, puede desaparecer o quedar residuos en el pie; estos últimos, que están en la base del pie, son llamados volva.

Figura 3

Estados de desarrollo (Suillus luteus)



Nota. La imagen representa al hongo comestible y sus partes. Se basa en la investigación de las características bioactivas de los hongos comestibles para diseñar productos cárnicos funcionales por Álamo y Bernilla (2022).

2.2.8. Características fisicoquímicas del hongo *S. luteus*

Los hongos representan una contribución significativa en la industria de alimentos, debido a su aporte de valor nutricional y de proteínas (entre el 20 y el 40 % del peso seco), así

como de vitaminas. Estos elementos sitúan a los hongos por encima de la mayoría de las verduras, frutas y vegetales. Algunas de estas propiedades se exponen más adelante en la Tabla 2.

Tabla 2

Características químicas del Suillus luteus

Análisis	Valores
pH	6,02
Acidez titulable (%)	1,16
Carbohidratos (%)	3,48
Ceniza (%)	0,78
Energía total (kcal/100g)	24,66
Grasa (%)	0,14
Humedad (%)	93,23
Proteínas (%)	2,37

Nota. Los datos fueron obtenidos de Alamo y Bernilla (2022).

2.2.9. Hongos silvestres comestibles

Los champiñones silvestres son aquellos que aparecen de manera natural en el entorno, lo que implica que no son cultivados ni manipulados por seres humanos, ni para fines comerciales. Debido a esto, en la actualidad poseen un gran atractivo culinario en las naciones avanzadas, resaltando entre las especies silvestres de mayor consideración, los *Morchella sp.*, *Lactarius deliciosus* y *Suillus luteos* (Huamán, 2020).

2.2.10. Composición química

En la Tabla 3 se expone la constitución química de distintas especies de hongos silvestres comestibles, uno de ellos (*Suillus luteus*) es el que se usó en la investigación.

Tabla 3*Composición de algunos hongos comestibles*

Especie	En % del peso seco			
	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Cenizas
<i>Suillus luteus</i>	20,32	3,66	56,58	6,10
<i>Boletus granulatus</i>	14,02	2,04	70,39	6,12
<i>Lactarius deliciosus</i>	27,42	6,72	27,60	5,93
<i>Morchella conica</i>	35,00	2,38	47,00	9,42-10,70

Nota. Composición química del hongo comestible Herrera, (2018).

Las bodegas que generalmente se dedican en la venta de frutas, verduras y hortalizas también ofrecen hongos. De acuerdo con las estadísticas, en España se consumen alrededor de 1,628 kg de champiñón al año, de los cuales 1,077 kg son champiñones frescos y el consumo por persona es de aproximadamente 0,276 kg/año (Herrera 2018).

2.2.11. Deshidratación de setas comestibles

Es un proceso físico que implica reducir la humedad en los hongos, ya sea de manera natural o artificial, para llegar a un nivel de humedad estable que no ponga en peligro la preservación a largo plazo. La actividad de los microorganismos se detiene cuando la humedad baja por debajo del 10 % del peso total, por lo que es esencial contar con deshidratadores adecuados que operen bajo condiciones óptimas, con el fin de lograr un secado que permita mantener al máximo sus propiedades organolépticas (color, aroma, sabor, textura) y fisicoquímicas (valor nutricional y duración en el almacenamiento) (Huamán, 2020).

A. Métodos de deshidratación de hongos comestibles. Con el objetivo de disminuir la humedad de los hongos y, de esta forma, ampliar la vida útil del producto, existen distintos

métodos de deshidratación que se utilizan hoy en día. A continuación, se detallan estos métodos:

Deshidratación por aire caliente. Es la temperatura el factor más crucial en este procedimiento, ya que el tiempo de secado no influye en las propiedades nutricionales del producto. La temperatura debe situarse entre 40 y 70 °C, para así remover la humedad de forma efectiva; niveles más altos pueden provocar que el producto pierda su color y nutrientes. Además, Huamán (2020) menciona otros métodos relevantes.

Secado solar. Se le conoce también como secado natural o tradicional, el cual emplea la radiación solar directa. En otras palabras, consiste en dejar que los rayos del sol y una corriente de aire incidan directamente sobre el producto cosechado.

Secado solar indirecto. Para este procedimiento de secado, se utiliza un aparato para recoger la radiación solar. Este colector está compuesto por una caja profunda con el interior pintado de color negro con una cubierta de vidrio o plástico en la parte superior. Dentro de un contenedor que tiene de cuatro a seis bandejas colocadas una sobre la otra con la materia prima, el aire caliente asciende.

Secado artificial. Utilizando una cámara de secado, se hace pasar aire caliente a través de las bandejas de secado donde se encuentra las muestras que se desea deshidratar, utilizando una fuente eléctrica para calentar el aire interno ya sea utilizando electricidad, gas, petróleo, etc. Pero la desventaja de este método es que suelen tener un costo elevado.

B. Factores de proceso que afectan el secado de los hongos. Los parámetros que afectan el proceso de secado son los que Sedano (2014) indica a continuación:

Calibre. Los hongos comestibles de mayor tamaño suelen ser cortados entre 0,5 a 1 cm de grosor y el largo respectivamente al tamaño de las setas con la finalidad de apresurar el proceso de deshidratado.

Humedad relativa. Se encuentra en un rango del 80 al 90 %, humedad que suele ganar en el momento del desarrollo ya que suele crecer en temporada de lluvia.

Temperatura. Ya que la humedad relativa de las setas se encuentra entre 80 a 90 %, por lo que la temperatura suele variar al inicio y al final del proceso, tomando una temperatura de 35 °C y finalizando en 55 °C.

Velocidad del aire en el secado. La velocidad del aire de secado suele variar la velocidad a lo largo del proceso ya que al inicio es de 1,5 m/s y finaliza con 2 m/s en el proceso final.

Gabela de las bandejas en la deshidratación. Lo recomendable es colocar 4-5 kg/m².

Secador de bandejas. Es un sistema completamente sellado y aislante en el que se logran colocar productos como pastas o terrones; estos se organizan en recipientes que pueden tener forma cuadrada o rectangular, con profundidades que varían entre 10 y 100 mm, fabricadas en acero inoxidable capaz de soportar altas temperaturas. Las bandejas deben contar con bases perforadas para facilitar un mejor proceso de secado, cuyas condiciones son controladas y ajustadas con facilidad. Si se mantienen constantes las condiciones del equipo, el proceso de secado para cualquier bandeja será equivalente, garantizando un flujo continuo mientras el aire es movido por ventiladores de hélice, empleando calor eléctrico, especialmente en situaciones de bajo calentamiento. La circulación del aire oscila entre el 80 y el 95 %, en comparación con la fase inicial de evaporación rápida. La transferencia de calor puede ser directa a partir de los sólidos, usando grandes volúmenes de gas caliente, o indirecta mediante bases calientes. Dado que el funcionamiento del secador de bandejas requiere mantenerse constante, es necesario que haya una velocidad de aire uniforme que oscile entre 1 y 10 m/s sobre todo el material en secado. Así, el coeficiente de transferencia de calor en la superficie se optimiza, garantizando que la corriente de aire ofrezca una capacidad apropiada para los secadores (Ruiz, 2016).

2.2.12. Características microbiológicas

Moncayo (2017) señala que los atributos microbiológicos adecuados para el consumo de champiñón, según los datos de la FAO, incluyen: la ausencia de parásitos, microorganismos y toxinas, que se identifican mediante unidades de superficie, volumen o masa. En cambio, los análisis microbiológicos que se efectúan para evaluar estas características son los siguientes:

- Identificación de la presencia de toxinas y microorganismos en las muestras.
- Establecimiento de las técnicas de análisis para llevar a cabo la cuantificación y detección de microorganismos.
- Determinación del número de muestras a tomar en función de la magnitud de la unidad analítica.
- Límites microbiológicos permitidos para cada alimento, establecidos en normas y unidades específicas.

La identificación de microorganismos particulares está incluida en los estudios microbiológicos: Coliformes totales – *E. coli*. - *Salmonella spp.*

2.2.13. Cinética de secado

Ortiz (2018), menciona que la cinética es un método que estudia la pérdida de humedad en función al tiempo a través del consumo de energía por evaporación y la cinética de secado depende de la humedad del material que se está analizando y de la intensidad de evaporación en el transcurso del tiempo, o de otros factores relacionados con estos, como las dimensiones del equipo o la humedad misma.

2.2.14. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Salcedo et al. (2018) definen la CRA de una muestra húmeda, que ha sido sometida a fuerzas centrífugas externas, como la cantidad de agua que es retenida por cada gramo del material seco en contacto con agua, es decir el agua atrapada físicamente y agua hidrodinámica siendo esta última la que aporta a CRA, determinando de la siguiente manera.

$$mL \text{ agua retenida} / g \text{ muestra} = X \text{ ml de agua retenida} / g \text{ de muestra}$$

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Hongos *Suillus Luteus*

Seres unicelulares o multicelulares que tienen rasgos intermedios entre los animales y las plantas; además, su nutrición es heterótrofa, lo cual significa que no llevan a cabo la fotosíntesis, dándoles la capacidad de desarrollarse en lugares oscuros con un nivel luz mínima y se les asimila con los animales ya que su reserva energética es el glucógeno (Muro, 2021).

2.3.2. Deshidratación

Proceso que radica en suprimir el contenido de agua de un alimento mediante la aplicación de calor, siempre considerando que este no presente modificaciones en sus características nutricionales.

2.3.3. Secador por bandejas

Es un equipo que sirve para deshidratar alimentos y consiste en una cámara rectangular, con 0,92 m de altura, 0,6 m de longitud y 0,53 m de ancho. Tiene cinco bandejas cuya longitud es de 0,5 m y su ancho es de 0,4 m. También cuenta con lana de vidrio como material aislante y tiene un calor útil de 44337,41 W (Ruiz, 2016).

2.3.4. Secador solar automatizado

Es un colector que cuenta con una caja profunda, cuyas paredes internas están pintadas de negro y que posee en su parte superior un panel fabricado con vidrio o plástico (Frías, 2015).

2.3.5. Capacidad retención agua (CRA)

Se describe con este concepto a la habilidad de una muestra húmeda para retener agua cuando es sometida a fuerzas centrífugas externas; se expresa el alto volumen de agua que puede quedar retenido por cada gramo de material seco en presencia del líquido (Salcedo, 2018).

2.3.6. Solubilidad

Es la estimación de la cantidad de amilosa que se libera del interior del gránulo cuando este empieza a desestructurarse por la absorción de agua (Salcedo, 2018).

2.4. Hipótesis

H_a: El secado a diferentes temperaturas y espesor tiene un efecto significativo sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas y capacidad retención agua CRA del hongo comestible (*Suillus luteus A.*).

H_o: El secado a diferentes temperaturas y espesor no tiene un efecto significativo sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas y capacidad retención agua CRA del hongo comestible (*Suillus luteus A.*).

2.5. Operacionalización de Variables

La Tabla 4 presenta las variables independientes, dependientes, los métodos y los indicadores empleados para cada análisis que se llevará a cabo.

Tabla 4

Variables, indicadores y métodos

Variables	Dimensiones	Indicador		Instrumento de evaluación
Independientes (Temperatura de secado y espesor de hongo)	Secado	Temperatura	°C	Sensor de temperatura
		Espesor	cm	Regla de medida
	Tiempo de secado	Min	-	Cronómetro
Dependientes	Características Físicoquímica	Proteínas	%	-
		Humedad,	%	Estufa
		Cenizas	g/100 g de muestra	Calcinación
		Pérdida de peso	%	Secador de bandejas
		a_w	-	-
		Color	L*, a* y b*	Colorímetro
		<i>Coliformes</i>	UFC/g	NMP
		Características microbiológicas	Mohos	UFC/g
	<i>Aerobios mesófilos</i>	UFC/g	Recuento en placa	
Capacidad de retención de agua	CRA	g	Centrífuga	

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

El tipo de investigación es aplicada ya que se recurrió a los conocimientos ya alcanzados en otros trabajos de investigación para aplicarlos y dar solución a un inconveniente concreto (Castro et al., 2023). Y de nivel explicativo por qué se manipularon las variables independientes (temperatura y espesor), con el fin de observar el efecto que causan estas sobre las variables de respuesta y lograr obtener un producto de características fisicoquímicas y microbiológicas aceptables a través de un secado de bandejas.

3.2. Diseño de Investigación

En esta investigación se empleó un modelo factorial (4 x 2), donde se utilizaron cuatro temperaturas de secado (Temperatura ambiente de 18-21, 60, 70 y 80 °C) y dos espesores (1 y 2 cm) del hongo comestible, formando un total de 8 tratamientos con tres repeticiones por cada uno. Con todo ello se formó un total de 8 tratamientos, como se evidencia en la Tabla 5.

Tabla 5

Tratamientos experimentales

Temperatura	Espesor	
	1 cm	2 cm
80 °C	80 °C/1 cm	80 °C/2 cm
70 °C	70 °C/1 cm	70 °C/2 cm
60 °C	60 °C/1 cm	60 °C/2 cm
Temperatura Ambiente (18-21 °C)	18-21 °C/1 cm	18-21 °C/2 cm

Nota. Esta tabla muestra cada uno de los tratamientos experimentales teniendo en cuenta diferentes temperaturas y dos espesores específicos de muestra 1cm y 2cm.

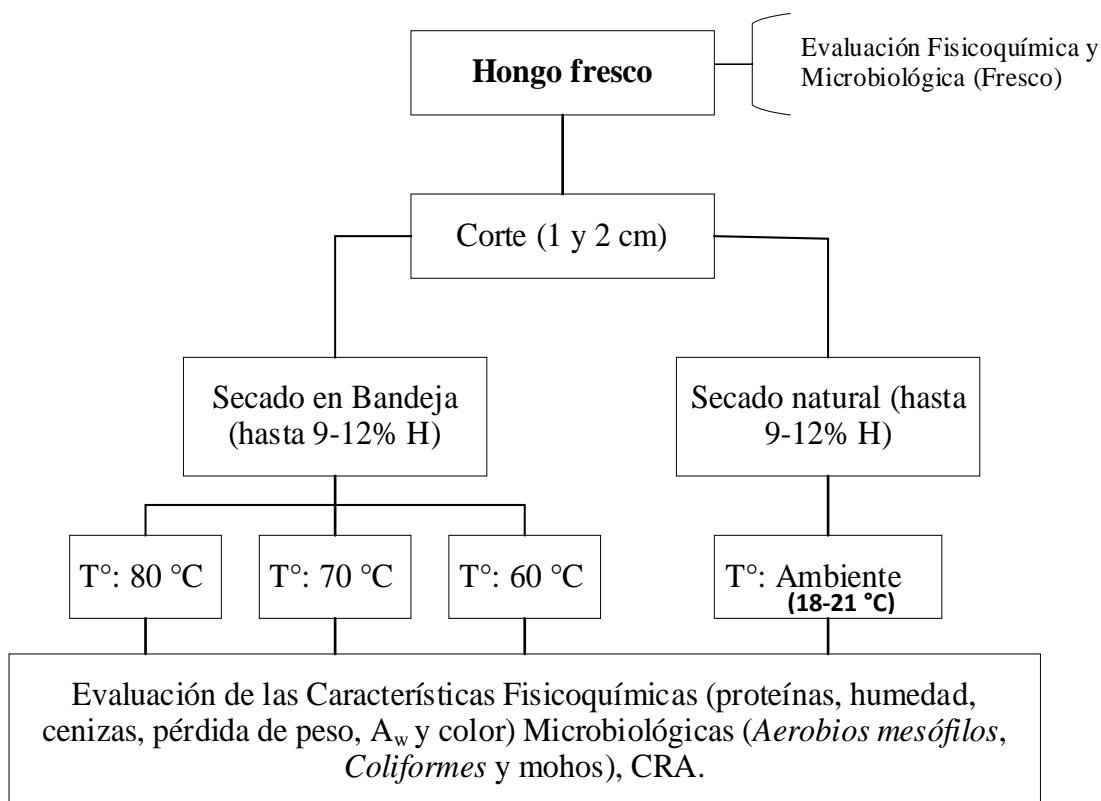
Asimismo, la Tabla 6 muestra las variables investigadas, incluyendo cada una de sus subniveles y las variables de respuesta.

Tabla 6*Variables de estudio*

Variables de Estudio	Sub Niveles	Variables de Respuesta
Temperatura de Secado	60, 70 y 80 °C y temperatura ambiente (18-21 °C)	Características Fisicoquímicas Características Microbiológicas
Espesor	1 cm y 2 cm	(CRA) Tiempo de secado

A. Esquema experimental del trabajo de investigación:

La Figura 4 presenta el diagrama experimental del proyecto que se llevó a cabo, como se muestra a continuación.

Figura 4*Esquema experimental del trabajo de investigación*

3.3. Métodos de Investigación

El principal método de investigación es el hipotético deductivo, ya que está basado en la comprobación de una hipótesis planeada inicialmente, buscando llegar a una conclusión específica (De la Cruz, 2020) acerca del efecto de la temperatura de secado y espesor sobre las características del hongo comestible.

Por otro lado, los procedimientos metodológicos que se llevaron a cabo durante la ejecución de esta tesis, se dio inicio realizando una recolección de muestras de la zona ya mencionada y posteriormente se acondicionó y se realizó los distintos análisis, tal y como se describe a continuación:

A. Recolección de hongos de una zona altoandina: Los hongos comestibles (*Suillus luteus* A.) fueron recolectados de una zona del caserío de Morán Alto, distrito Hualgayoc, provincia Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

B. Preparación de muestras. Las muestras fueron sometidas a un proceso de selección, separando aquellos con daños físicos o dañados por insectos y luego se retiró el epitelio de los hongos limpiándose adecuadamente utilizando un cuchillo, en seguida se rebanó de manera horizontal obteniendo muestras de 1 a 2 cm de espesor.

C. Secado del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) La deshidratación se llevó a cabo colocando el hongo previamente cortado (espesor de 1 y 2 cm) en una bandeja de secado, la misma que fue llevada al secador a temperaturas de 60, 70 y 80 °C, hasta obtener una humedad del 9 al 12 % y posterior a ello se realizará los análisis correspondientes.

3.3.1. *Determinación del tiempo de secado*

Para estimar el secado se realizará utilizando un cronómetro digital controlando durante el proceso de deshidratación en el secador de bandejas, para que de esta manera se evalúe la

humedad de la muestra en proceso, el tiempo culminará hasta que la muestra llegue a un rango de 9 a 12 % de humedad.

3.3.2. *Caracterización fisicoquímica de los hongos frescos y deshidratados*

A. Determinación de proteínas. En el laboratorio de aguas, suelos y foliares del INIA-Cajamarca se llevó a cabo la determinación de acuerdo con el método Kjeldahl 205.005:1979 (Rev. 2018); para lo cual se tomó 0,2 g de muestra y el procedimiento experimental se ejecutó; dicho método se ejecutó en 3 etapas: digestión, destilación y titulación.

B. Determinación de la humedad. Se utilizó el procedimiento de secado en estufa de la AOAC (2000) para determinarlo; para ello, se extrajeron 10 g del producto y se trituraron. Después, se colocaron 500 mg de la muestra triturada en una placa Petri y se metió a una estufa a 120 °C hasta que su peso fue constante. Los cálculos se realizaron por diferencia de peso.

C. Determinación de cenizas. Para determinarlo, se utilizó el procedimiento de incineración de la AOAC (2000), que consiste en tomar 10 g de muestra del hongo comestible deshidratado, el mismo que fue triturado y tamizado hasta una granulación de 30 mesh. Luego, del hongo triturado se tomaron 500 mg, se colocaron en una cápsula de porcelana y se colocaron en el interior en una mufla a 500 °C durante 5 h y los cálculos del contenido de cenizas se determinarán por diferencia de pesos.

D. Determinación de pérdida de peso. Para determinar la pérdida de peso se utilizó una balanza analítica y la variación de peso se expresó en g mediante la ecuación 1; la medición se realizó en estado fresco y deshidratado evaluando la variación del peso.

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

E. Determinación de la actividad del agua (a_w) El equipo de medición AQUALAB 4EV fue el que estableció la medida, el cual satisface las especificaciones técnicas y la aceptación de dicha medida según la norma ISO 18787:2017. El laboratorio de operaciones unitarias de la UNACH fue el lugar donde se realizó esta investigación, que pertenece al departamento de ingeniería agroindustrial de la Escuela Profesional.

F. Determinación del color. Se empleó el método que fue descrito por Campo y Gálvez (2011) que consistió en colocar una muestra homogénea y posterior a ello se realizó la medición utilizando un colorímetro portátil con iluminación estándar D65 y observador a 2°, previamente calibrado, los resultados se obtuvieron en tres parámetros: L^* (luminosidad 0 a 100), a^* (componentes de rojo a verde, 60 a -60), b^* (componente amarillo a azul, 60 a - 60).

3.3.3. Características microbiológicas del hongo comestible en fresco y deshidratado

A. Determinación de aerobios mesófilos. Los Aerobios Mesófilos fueron determinados por el método de recuento en placa de la AOAC (2000) para lo cual se utilizaron 1 muestra de cada una de los 8 tratamientos.

B. Determinación de coliformes. Se efectuó según AOAC (2000), determinando la calidad sanitaria (contaminación por residuos fecales) de un alimento a través de la técnica Número Más Probable (NMP), o tubos múltiples expresado en NMP/g.

C. Determinación de mohos. Siguiendo la técnica de recuento estándar en placa de la AOAC (2000), se llevó a cabo un conteo de levaduras y mohos.

3.3.4. Determinación de capacidad de retención de agua (CRA)

Para realizar el procedimiento, se empleó la metodología que García et al. (2018) describieron. Para ello, se utilizó un tubo de centrífuga previamente pesado; a este se le incorporó 1 g de muestra y luego 10 ml de agua destilada. Se mezcló con cuidado hasta que

todo quedó homogéneo. Luego se permitió reposar y se centrifugó a 3500 revoluciones por minuto durante un lapso de 15 minutos. El sobrenadante líquido fue decantado y el tubo con el precipitado se drenó por un tiempo de 10 minutos. Posteriormente, se pesó. La capacidad de la muestra para asimilar agua se llama ganancia de masa.

3.4. Población, Muestra y Muestreo

3.4.1. Población

La población se formó a partir de los hongos comestibles (*Suillus luteus* A.) que fueron recolectados en el caserío de Moran Alto, en el distrito de Hualgayoc, en la provincia de Hualgayoc, en la región de Cajamarca.

3.4.2. Muestra y muestreo

La muestra estuvo conformada por 10 kg de hongos comestibles del Caserío de Moran Alto, ubicado en el distrito y la provincia Hualgayoc, en Cajamarca. Para ello se usó un método no probabilístico por conveniencia para el muestreo, dado que los criterios del investigador fueron los que determinaron la clasificación de la muestra.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La tabla número 7 presenta las técnicas, herramientas y métodos de recolección de datos.

Tabla 7

Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Variables	Técnica	Instrumento
Características físicoquímicas	Análisis de contenido	Cuaderno de registro
Características microbiológicas	- Análisis de contenido	- Cuaderno de registro

Métodos estadísticos	-	Diseño de bloques	-	Lectura de resultados obtenidos
Recolección de información	-	Libros, formatos impresos, artículos científicos, tesis, etc.	-	Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Se organizaron los resultados en tablas y gráficos utilizando el software Excel 2019 (Microsoft). Respecto a la información recopilada de las variables dependientes evaluadas (tiempo de secado, características fisicoquímicas y microbiológicas), inicialmente se evaluó la normalidad y homogeneidad de varianza para determinar si se realizará un análisis paramétrico (ANOVA) al 95 % de confiabilidad para verificar si existe o no diferencias significativas, una vez identificado las diferencias significativas se aplicó el test de Tukey al 5 % utilizando el software SPSS 2019.

3.7. Aspectos Éticos

La información de esta investigación asegura la propiedad intelectual de los autores citados y el compromiso y responsabilidad social para favorecer a la población, en su totalidad. Garantizando que los resultados son creíbles respetando el método científico y la originalidad del trabajo de investigación, cuyo proyecto de tesis es propia de los autores, no avala el plagio respetando los valores como la honestidad y verdad.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Características fisicoquímicas del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) fresco y secado

El hongo comestible antes del secado (fresco) presentó un contenido de proteínas de 30,04 %, una humedad de 90,05 % y un contenido de cenizas de 6,05 %. Por otro lado, estas características fisicoquímicas después del proceso de secado mostraron cambios; de forma general se obtuvo valores entre 22,18 y 28,56 % de proteínas, entre 6,60 y 9,30 % de humedad, entre 2,77 y 2,98 % de cenizas, entre 22,64 y 53,28 % de pérdida de peso, una a_w entre 0,23 y 0,28, y la capacidad de retención de agua (CRA) estuvo en un rango entre 2,01 y 3,37 g/g, tal y como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Características fisicoquímicas del hongo comestible después del secado

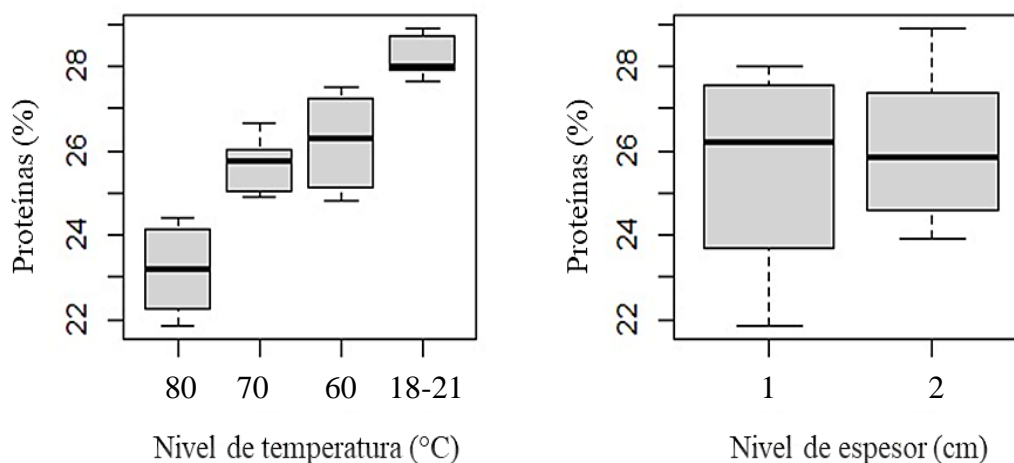
Tratami.	Temperatura	Espe sor	Proteína	Humedad	Cenizas	P. Peso	a_w	CRA
1	80	1 cm	22,18±0,313 ^{CA}	6,60±0,100 ^{BA}	2,96±0,052 ^{BA}	49,37±0,330 ^{AA}	0,28±0,011 ^{BA}	2,25±0,237 ^{CA}
2	70	1 cm	25,16±0,311 ^{BA}	7,04±0,053 ^{AA}	2,77±0,149 ^{BA}	47,45±0,713 ^{BA}	0,24±0,005 ^{BA}	2,46±0,314 ^{CA}
3	60	1 cm	27,22±0,305 ^{BA}	7,80±0,100 ^{AA}	2,97±0,017 ^{BA}	49,41±0,529 ^{BA}	0,24±0,031 ^{BA}	2,45±0,257 ^{BA}
4	Ambiente 18-21	1 cm	27,85±0,197 ^{AA}	9,30±0,100 ^{BA}	2,80±0,167 ^{BA}	22,64±1,218 ^{CA}	0,25±0,027 ^{BA}	3,37±0,435 ^{AA}
5	80	2 cm	24,15±0,249 ^{CB}	6,60±0,100 ^{BB}	2,94±0,012 ^{AB}	53,28±1,260 ^{AB}	0,24±0,028 ^{AB}	2,33±0,091 ^{CB}
6	70	2 cm	26,22±0,394 ^{BB}	7,03±0,058 ^{AB}	2,95±0,015 ^{AB}	47,48±0,927 ^{BB}	0,23±0,021 ^{AB}	2,38±0,187 ^{CB}
7	60	2 cm	25,21±0,458 ^{BB}	7,80±0,100 ^{AB}	2,98±0,006 ^{AB}	49,01±0,990 ^{BB}	0,27±0,025 ^{AB}	2,01±0,076 ^{BB}
8	Ambiente 18-21	2 cm	28,56±0,465 ^{AB}	9,30±0,100 ^{BB}	2,98±0,006 ^{AB}	25,31±2,797 ^{CB}	0,27±0,027 ^{AB}	2,69±0,276 ^{AB}

Nota. Letras minúsculas distintas en el superíndice refieren diferencias significativas para la temperatura. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función al espesor. Todo esto en función a la prueba de Tukey, cuyo nivel de significancia es de 0,05.

A. Contenido de proteínas del hongo comestible seco. La Figura 5 muestra los hallazgos respecto a la composición proteica del hongo comestible en función a la temperatura y el espesor, visualizándose que esta variable de respuesta es influenciada considerablemente por el nivel de temperatura, tal es así que se observa un incremento continuo de 22,18 a 28,56 % desde la temperatura (80 °C) hasta la (temperatura ambiente de 18-21 °C). Es decir, al ser menor la temperatura el contenido proteico fue mayor. Con respecto al nivel de espesor los cambios son menores, siendo ligeramente mayor el espesor de 1 cm. Al comparar el valor del hongo fresco con el hongo seco es posible notar que el procedimiento de secado reduce el contenido proteico.

Figura 5

Variación del contenido de proteína del hongo comestible en función a la temperatura y espesor



Nota. Nivel de temperaturas de 80; 70; 60 °C y temperatura ambiente de 18-21 °C. Espesor 1 y 2 cm.

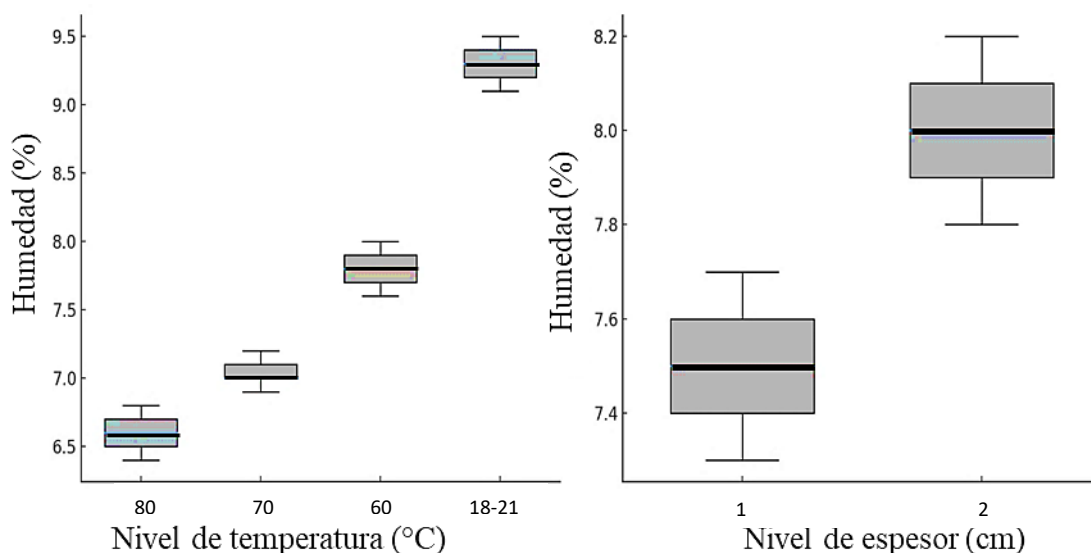
El análisis estadístico reveló que ambos factores tienen un efecto significativo sobre el contenido de proteína, tal es así que la temperatura presentó un valor $p=0,000$ y el espesor un valor $p=0,0081$, esto demuestra que temperatura es el factor con mayor determinación. También, se notó una interacción importante entre los dos factores ($p=0,000$), lo que sugiere que la temperatura tiene un impacto en el contenido de proteína que varía según el nivel de espesor. Y de acuerdo a Tukey para la temperatura la mayoría de comparaciones resultaron significativas (p

<0,05), excepto entre 60 °C y 70 °C ($p=0,0793$). Por otro lado, en función al factor espesor la diferencia se encontró entre (2 y 1 cm). Según lo anterior el mejor nivel de temperatura es de 18-21 °C (temperatura ambiente), y el mejor nivel de espesor fue de (1 cm), esto porque preserva el mayor contenido de proteínas.

B. Contenido de humedad del hongo comestible secado. La Figura 6 muestra los resultados en cuanto a la variación de la humedad del hongo comestible en función a la temperatura y el espesor, en la cual se observa que la humedad es fuertemente influenciada por el nivel de temperatura, revelando que al disminuir la temperatura el contenido de humedad fue mayor, con valores de 6,60 %; 7,04 % y 7,80 % para la temperatura de 80 °C, 70 °C y 60 °C respectivamente. Y para la (temperatura ambiente) fue de 9,30 %. Con respecto al nivel de espesor, (2 cm) presentó un contenido de humedad de 8,0 %, ligeramente mayor que (1 cm) (7,5%).

Figura 6

Variación de la humedad del hongo comestible en función a la temperatura y espesor



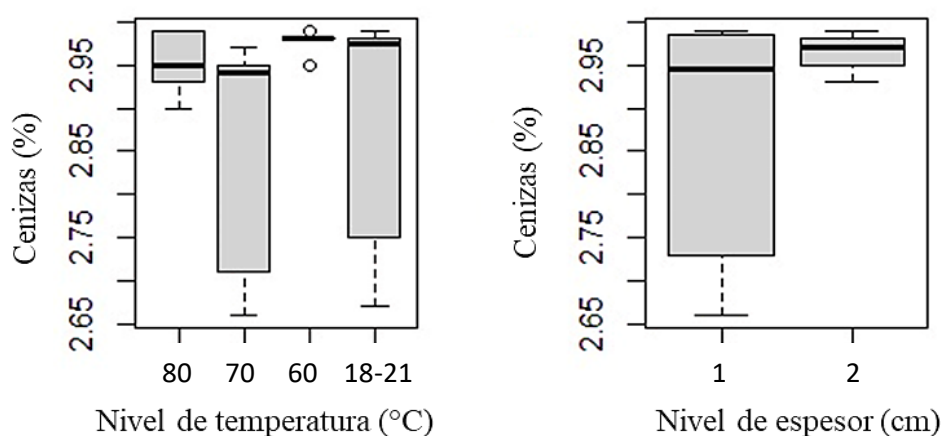
El análisis estadístico mostró que la temperatura ejerce un impacto importante sobre la humedad del hongo comestible ($p= 0,000$) y no significativo en el caso del factor espesor ($p=0,951$). Sin embargo, la interacción de ambos factores también mostró significancia ($p=$

0,004), lo que sugiere que la influencia de la temperatura en la humedad cambia dependiendo del grosor. Según Tukey, se notan diferencias importantes en casi todas las comparaciones de temperatura, excepto en 18-21 °C – 80 °C y 60 °C – 70 °C. Finalmente, la temperatura que logró eliminar mayor contenido de humedad y en menor tiempo fue la temperatura (80 °C).

C. Contenido de cenizas del hongo comestible secado. La Figura 7 muestra los resultados en cuanto a la variación del contenido de cenizas del hongo comestible en función a la temperatura y el espesor, en la cual se observa un mayor contenido de cenizas en los tratamientos a (80 °C) (2,95 %) y (60 °C) (2,98 %). Mientras que los tratamientos a (70 °C) (2,86%) y (temperatura ambiente de 18-21 °C) (2,89 %) presentan valores ligeramente menores. Por otro lado, con respecto al nivel de espesor, (2 cm) predomina por presentar un mayor contenido de cenizas (~2,95 %) y con menor variabilidad, (1 cm) presenta un valor más bajo de cenizas (~2,85 %). Al comparar estos resultados con el contenido del hongo

Figura 7

Variación de del contenido de cenizas del hongo comestible en función a la temperatura y espesor



fresco se puede visualizar una reducción considerable de cenizas.

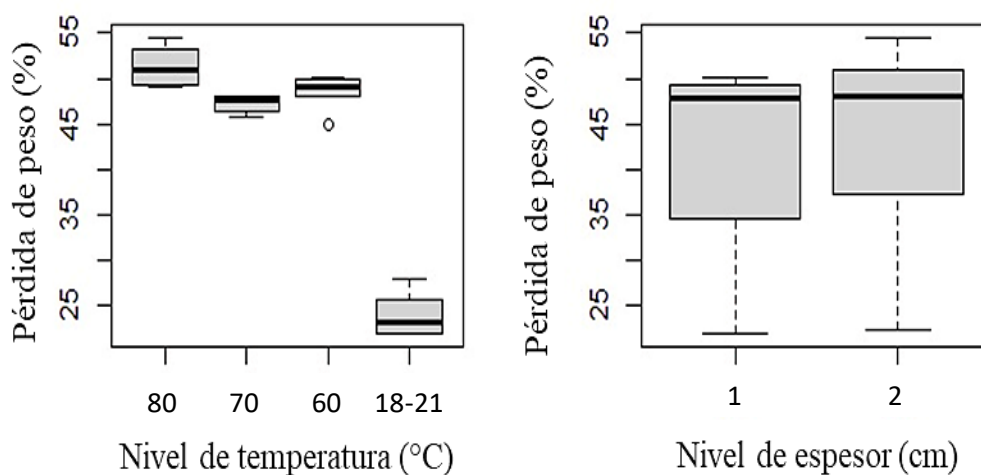
El análisis estadístico reveló que la temperatura no tiene un efecto significativo ($p=0,0923$) sobre el contenido de cenizas del hongo comestible; sin embargo, el espesor sí presenta diferencias significativas ($p=0,0176$). Asimismo, la interacción de ambos factores (temperatura

y espesor) tampoco presenta un efecto significativo ($p=0,1000$). Según la prueba de Tukey para el factor espesor evidencia la diferencia entre 1 cm y 2 cm.

D. Pérdida de peso en el hongo comestible secado. La Figura 8 ilustra lo que se refiere a la reducción de peso del hongo comestible en función de la temperatura y el grosor, donde se puede notar que los tratamientos a (80 °C), (70 °C) y (60 °C) mostraron una mayor disminución de peso en comparación con (18-21 °C) (temperatura ambiente), que resultó en una acción de pérdida de peso menor. Por otro lado, en relación al espesor, tanto en (2 cm) como en (1 cm) muestran cifras muy semejantes.

Figura 8

Pérdida de peso del hongo comestible en función a la temperatura y espesor



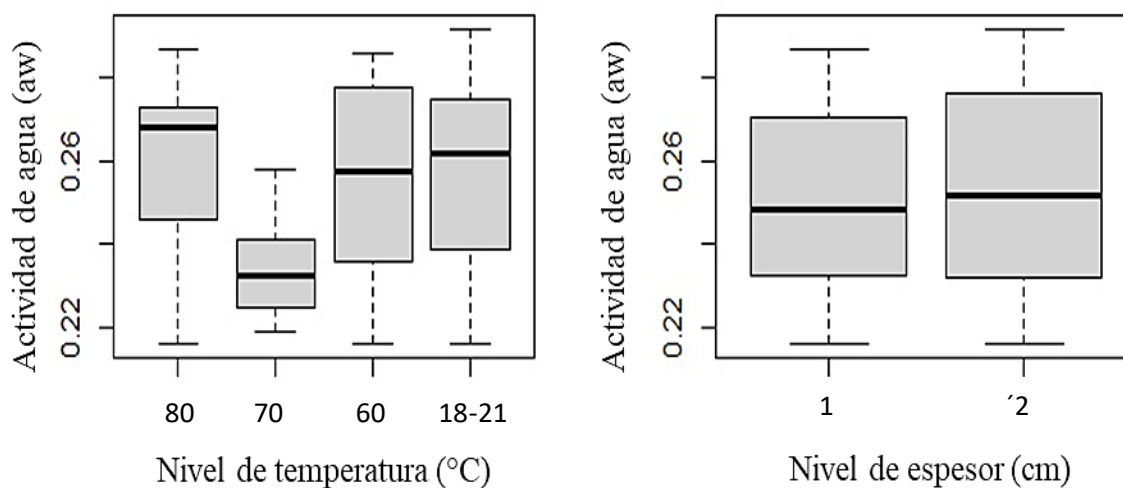
El análisis estadístico reveló que ambos factores tienen un efecto altamente significativo sobre la pérdida de peso del hongo comestible, ya que la temperatura presentó un valor $p=0,000$ y el espesor un valor $p=0,0098$; sin embargo, en la interacción de ambos factores (temperatura y espesor) no se evidencia efecto significativo ($p=0,26414$). Según la prueba de Tukey en función a la temperatura la diferencia se encuentra entre 70-80 °C, 60-80 °C, (18-21)-80 °C, (18-21)-70 °C y (18-21)-60 °C a excepción de la 60-70 °C, lo que confirma la alta

significancia que arrojó el ANOVA. Para el factor espesor se evidencia la diferencia entre 1 cm y 2 cm.

E. Actividad del agua (a_w) del hongo comestible secado: La Figura 9 muestra los resultados en cuanto a la actividad del agua (a_w) del hongo comestible en función a la temperatura y el espesor, en la cual se observa que a (70 °C) presenta el valor más bajo y a (80 °C) y a (temperatura ambiente) presentan los valores más altos, lo que evidencia que a menor temperatura mayor es la a_w . Por otro lado, con respecto al nivel de espesor, tanto (2 cm), así como (1 cm) presenta valores muy cercanos.

Figura 9

Actividad de agua (a_w) del hongo comestible en función a la temperatura y espesor



El análisis estadístico reveló que ambos factores no tienen un efecto significativo sobre la actividad de agua del hongo comestible, ya que la temperatura presentó un valor $p=0,263$ y el espesor un valor $p=0,700$. En la interacción entre estos factores tampoco se evidenció diferencias significativas ($p=0,185$).

F. Variación del color (L^* , a^* y b^*) del hongo comestible secado. El hongo comestible antes del secado (fresco) presentó un L^* de 69,94, a^* de 26,63 y un b^* de 24,. Por otro lado, el color después del secado mostró algunos cambios; de forma general se obtuvo valores de L^* entre 69,69 y 76,06, valores de a^* entre 25,05 y 26,63 % y b^* entre 24,12 y 25,94, tal y como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Parámetros de color del hongo comestible después del secado

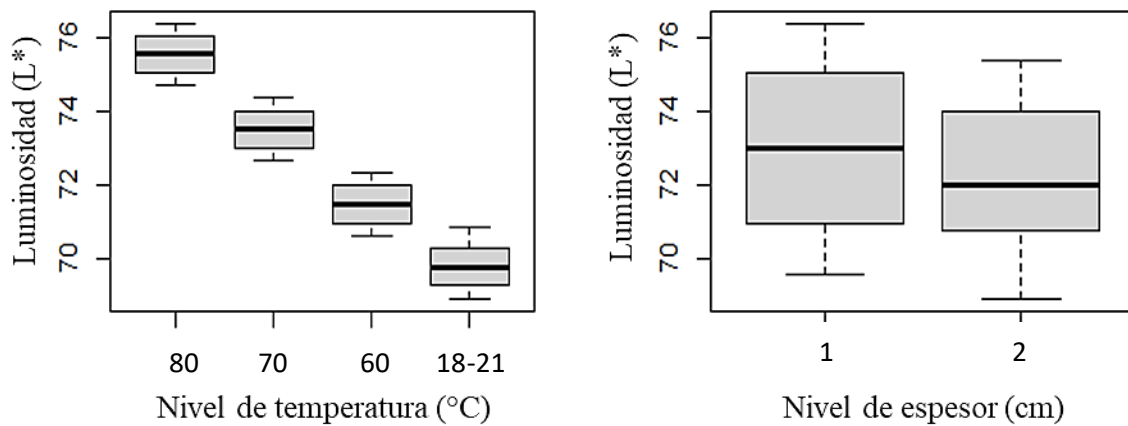
Trat.	Temperatura	Espesor	Color		
			L^*	a^*	b^*
1	80	1 cm	76,06±0,340 ^{aA}	25,05±0,088 ^{dB}	25,94±0,085 ^{aA}
2	70	1 cm	74,02±0,340 ^{bA}	25,57±0,088 ^{cB}	25,43±0,085 ^{bA}
3	60	1 cm	71,98±0,340 ^{cA}	26,10±0,088 ^{bB}	24,92±0,085 ^{cA}
4	Ambiente (18-21)	1 cm	69,94±0,340 ^{dA}	26,63±0,088 ^B	24,41±0,085 ^{dA}
5	80	2 cm	75,04±0,340 ^{aB}	25,31±0,088 ^{dA}	25,68±0,085 ^{aB}
6	70	2 cm	73,00±0,340 ^{bB}	25,84±0,088 ^{cA}	25,17±0,085 ^{bB}
7	60	2 cm	70,96±0,340 ^{cB}	26,37±0,088 ^{bA}	24,66±0,085 ^{cB}
8	Ambiente (18-21)	2 cm	69,69±1,051 ^{dB}	26,23±0,058 ^{aA}	24,12±0,118 ^{dB}

Nota. Letras minúsculas distintas en el superíndice refieren diferencias significativas para la temperatura. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función al espesor. Todo esto en función a la prueba de Tukey, cuyo nivel de significancia es de 0,05.

Con respecto a las variaciones posteriores al secado, para el L^* en función a la temperatura se evidenció que se reduce constantemente al ser menor la temperatura de (80 °C) a (60 °C), y fue aún menor en la (temperatura ambiente). Con respecto al nivel de espesor el (1 cm) presentó un mayor L^* que (2 cm) (ver Figura 10); evidenciándose un efecto significativo ($p=0,0000$) de la temperatura y del nivel espesor ($p=0,0007$), mas no de la interacción de ambos factores ($p=0,4527$). La prueba de Tukey en función a la temperatura evidenció que en todas las comparaciones (70-80 °C, 60-80 °C, (18-21)-80 °C, (18-21)-70 °C, (18-21)-60 °C) se presentaron diferencias significativas, de la misma forma se evidencia una diferencia significativa entre 1 y 2 cm.

Figura 10

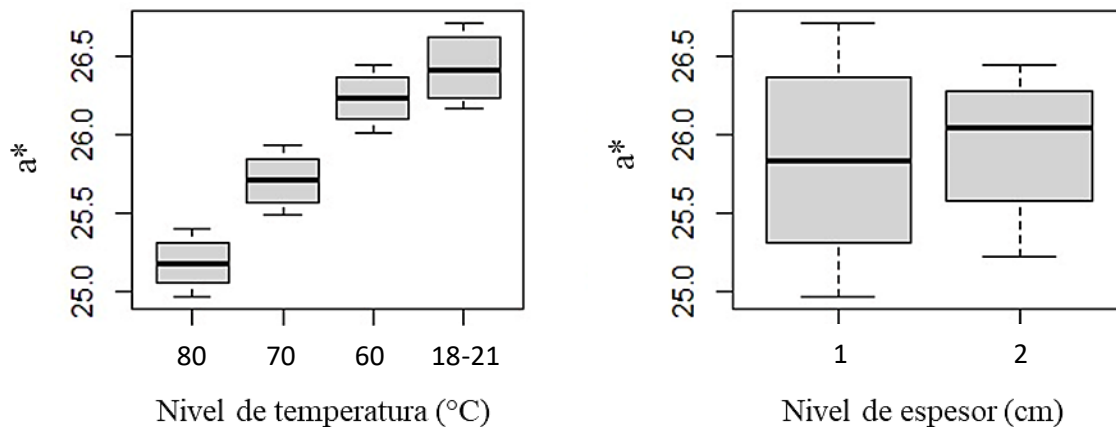
Luminosidad (L^) del hongo comestible en función a la temperatura y espesor*



Para el caso de a^* en función a la temperatura fue lo opuesto al L^* , es decir se incrementó constantemente al ser menor la temperatura de (80°C) a (60°C), y fue aún mayor en la (temperatura ambiente), y al ser mayor la temperatura este parámetro fue menor. Con respecto al nivel de espesor el (1 cm) presentó un mayor valor de a^* a diferencia de (2 cm) (ver Figura 11). El ANOVA mostró un efecto significativo de la temperatura (0,000), del nivel de espesor (0,0113) y de la interacción de ambos factores (0,000). La prueba de Tukey mostró diferencias importantes en cada uno de los niveles de temperatura, cuyos valores p fueron $< 0,05$ en todas las comparaciones de 80°C a temperatura ambiente ($18-21^{\circ}\text{C}$), de manera similar, se observa una diferencia notable entre 1 y 2 cm.

Figura 11

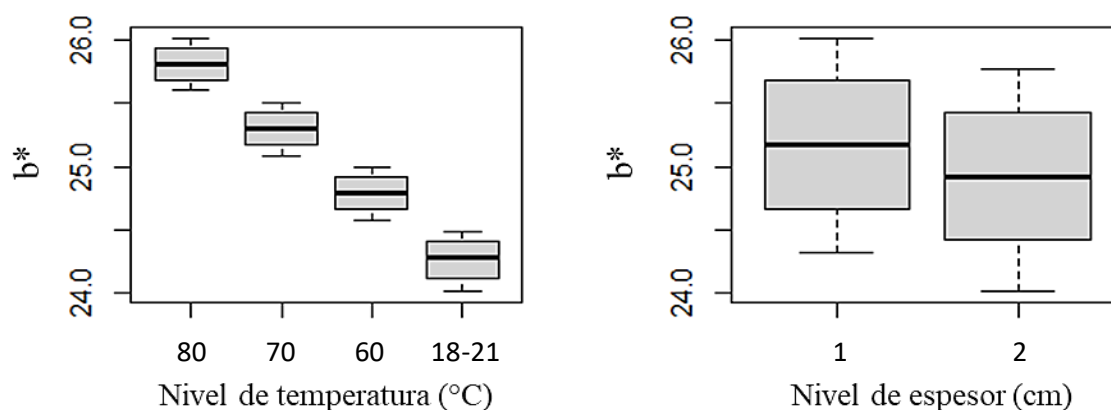
Parámetro a^ del hongo comestible en función a la temperatura y espesor*



En el caso de b^* en función a la temperatura, se pudo observar que se reduce constantemente al disminuir la temperatura de (80 °C) a (60 °C), y fue aún menor en la (temperatura ambiente). Con respecto al nivel de espesor el (1 cm) presentó un mayor b^* que la (2 cm) (ver Figura 12). El ANOVA mostró un efecto significativo de la temperatura ($p=0,000$) y del nivel de espesor ($p=0,000$). Pero la interacción de ambos factores no presentó significancia ($p=0,988$). La prueba de Tukey para la temperatura evidenció que en todas las comparaciones (70-80 °C, 60-80 °C, (18-21)-80 °C, (18-21)-70 °C, (18-21)-60 °C) existen diferencias significativas. Y con respecto al espesor de 1 cm se diferencia estadísticamente del 2 cm.

Figura 12

Parámetro b^ del hongo comestible en función a la temperatura y espesor*



4.1.2. Características microbiológicas (Aerobios mesófilos, Coliformes totales y mohos) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) en fresco y secado

Con respecto a la presencia de microorganismos en el hongo comestible fresco presentó un valor de $2,0 \times 10^1$ UFC/g de aerobios mesófilos, valores <10 UFC/g de coliformes totales y en el caso de mohos y levaduras se reportó valores de 10^2 y $1,8 \times 10^2$ UFC/g respectivamente. En la Tabla 10, se presentan los resultados que se lograron después del proceso de secado, en el caso de los mesófilos se evidenció una reducción al incrementarse la temperatura, obteniéndose el valor más bajo a 80 °C y el valor más alto a temperatura ambiente, tanto en el

espesor de 1 cm, así como también en el espesor de 2 cm. Asimismo, los coliformes se encontraron por debajo de 10 UFC/g, tanto en el hongo fresco, así como también en el hongo después del secado y en ambos espesores. En lo que respecta los mohos y levaduras se evidenció que a mayor temperatura el contenido de mohos y levaduras se redujo, siendo las muestras secadas a 80 °C las que presentaron menor cantidad y la temperatura ambiente presentó el máximo valor tanto para el espesor de 1 cm, así como también para el espesor de 2 cm.

Tabla 10

Características microbiológicas del hongo comestible después del secado

Trat.	Mesófilos		Coliformes		Mohos (UFC/g)		Levaduras (UFC/g)	
	1 cm	2 cm	1 cm	2 cm	1 cm	2 cm	1 cm	2 cm
(80 °C)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
(70 °C)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
(60 °C)	<10	<10	<10	<10	5,0 x 10 ¹	6,0 x 10 ¹	1,0 x 10 ²	1,2 x 10 ²
(T° ambiente)	1,5 x 10 ¹	1,8 x 10 ¹	<10	<10	2,0 x 10 ²	2,5 x 10 ²	2,5 x 10 ²	3,0 x 10 ²

Nota. Características microbiológicas utilizando diferentes espesores y temperaturas.

De acuerdo a los resultados, el hongo comestible presenta valores microbiológicos que encuentran dentro de lo estipulado en la R.M. 591-2008/MINSA, para frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas, dicha norma establece un valor máximo permitido de 10² UFC/g para coliformes totales, 10⁶ UFC/g para aerobios mesófilos y 10³ UFC/g para el caso de mohos y levaduras, por lo cual el producto cumple con los requisitos microbiológicos establecidos.

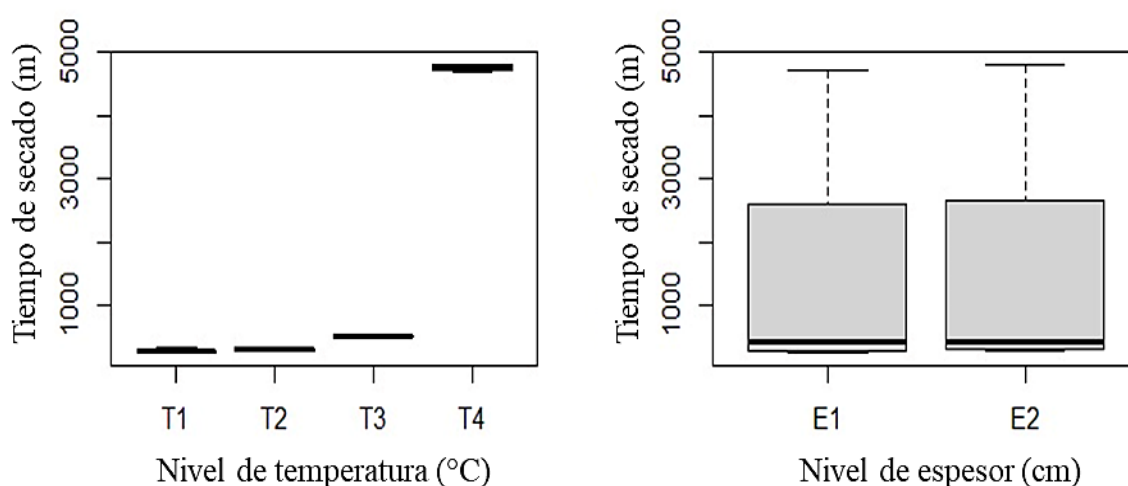
4.1.3. Tiempo y temperatura de secado que permita conservar las características fisicoquímicas del hongo (*Suillus luteus* A.) comestible

De acuerdo a los gráficos mostrados en la Figura 13, se evidencia que la temperatura es el factor más predominante, entre las cuales las temperaturas (80 °C), (70 °C) y (60 °C)

destacan ya que el secado se logra en un menor tiempo, a diferencia de la temperatura ambiente (18-21 °C) que requiere de un mayor tiempo de secado, lo cual podría ser ineficiente para conservar las propiedades fisicoquímicas del hongo. En este caso las tres primeras temperaturas muestran los mejores resultados predominando ligeramente la (80 °C), por requerir de menor tiempo para alcanzar la humedad de equilibrio. En lo que se refiere al nivel de espesor, no se logró evidenciar influencia significativa por lo que se puede considerar ambos espesores

Figura 13

Tiempo y temperatura de secado para conservar las características fisicoquímicas del hongo



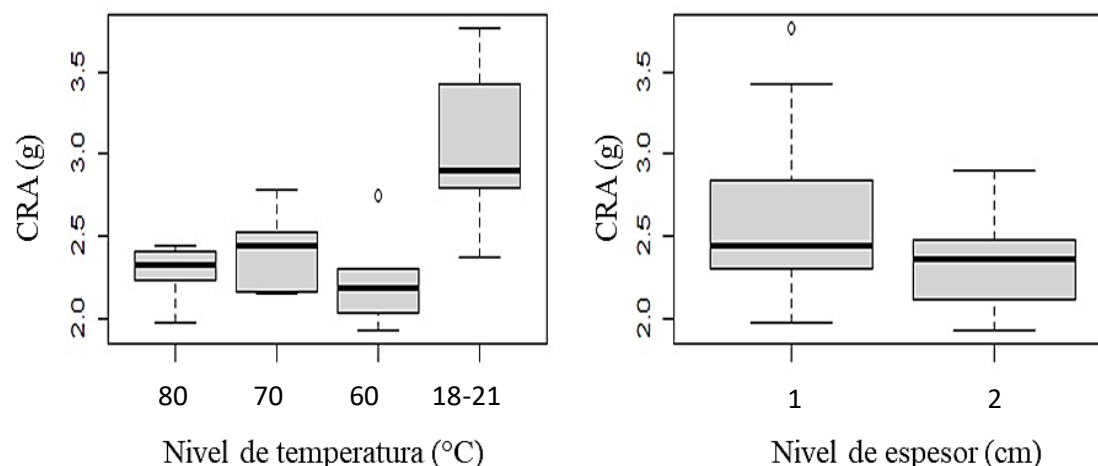
El ANOVA, mostró que ambos factores estudiados tienen un efecto significativo sobre el tiempo de secado, ya que la temperatura presentó un $p=0,0000$, el espesor un $p=0,0005$, así como la interacción de ambos con un $p=0,0111$. La evaluación de Tukey relacionada con el tiempo en relación a la temperatura indica que hay una diferencia muy relevante en todas las comparaciones (60-80 °C; (18-21)-80 °C; 60-70 °C; (18-21)-70 °C y (18-21)-60 °C), salvo entre 70-80 °C. En cuanto al espesor de 2 cm se diferencia de 1 cm, requiriendo de mayor tiempo para su secado.

4.1.4. Capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) seco

La Figura 15 muestra los resultados en cuanto a la capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible en función a la temperatura y el espesor, en la cual se observa que la temperatura ambiente (18-21 °C) presenta el valor más alto de CRA, y las temperaturas 80, 70 y 60 presentan una CRA menor, siendo 80 °C con el mínimo valor. Por otro lado, con respecto al nivel de espesor, (1 cm) presenta una mayor CRA a comparación de (2 cm).

Figura 14

Capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible en función a la temperatura y espesor



El ANOVA, mostró que ambos factores estudiados tienen un efecto significativo sobre la CRA del hongo comestible, ya que la temperatura presentó un $p=0,0000$, el espesor un $p=0,0005$, así como la interacción de ambos con un $p=0,0111$; al ser complementado con Tukey en función a la temperatura se reportó diferencias entre cada uno de los tratamientos (60-70 °C; (18-21)-80 °C; 60-70 °C; (18-21)-70 °C y (18-21)-60 °C), a excepción de la 70-80 °C. Por otro lado, para el factor espesor se evidencia que la diferencia se encuentra entre 1 y 2 cm.

4.2. Contrastación de Hipótesis

Para realizar el contraste de hipótesis, se analiza lo siguiente:

H_a: El secado a diferente temperatura y espesor tiene un efecto significativo sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas, capacidad retención agua CRA del hongo comestible (*Suillus luteus* A.).

H_o: El secado a diferente temperatura y espesor no tiene un efecto significativo sobre el tiempo, características fisicoquímicas, microbiológicas, capacidad retención agua CRA del hongo comestible (*Suillus luteus* A.).

La Tabla 11 muestra el resumen de la contrastación de la hipótesis para cada una de las variables dependientes (proteína, humedad, cenizas, pérdida de peso, actividad de agua, color, tiempo y CRA) en función al análisis estadístico ANOVA realizado.

Tabla 8*Resumen del análisis estadístico (ANOVA) para contrastación de hipótesis*

Variable	Indicador	p-valor (Temperatura v Espesor)	Contrastación (Diferencias significativas)
Proteínas	%	0,000 vs 0,008	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
Humedad	%	0,000 vs 0,951	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
Cenizas	%	0,092 vs 0,0176	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
Pérdida de peso	%	0,000 vs 0,009	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
Actividad del agua	a _w	0,263 vs 0,700	No hay significancia; se acepta la hipótesis nula
Color	L*	0,000 vs 0,009	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
	a*	0,000 vs 0,0113	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
	b*	0,000 vs 0,009	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
Tiempo	min	0,000 vs 0,0005	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.
CRA	%	0,000 vs 0,0005	Si hay significancia; se rechaza la hipótesis nula.

Entonces, se observa que de las ocho variables evaluadas solo una presenta diferencias no significativas, tanto por la temperatura, así como por el espesor se permite inferir que se descarta la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa que menciona que el secado a diferentes temperaturas y espesores tiene un efecto significativo en las características

fisicoquímicas, microbiológicas, capacidad retención agua CRA y el tiempo de secado del hongo comestible (*Suillus luteus* A.).

4.3. Discusión de Resultados

4.3.1. Características fisicoquímicas del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) fresco y secado

El hongo comestible fresco utilizado en la presente investigación presentó de 30,04 % de proteínas, que se encuentra dentro del rango reportado (22,32 a 32,07 %) por Chambi & Ichuta (2020), son cercanos también a los valores de entre 14,1 a 34,5 % de proteínas encontrados en 8 tipos de hongos comestibles por Wang & Zhao (2023), y las diferencias existentes se deben probablemente al tipo de hongo y las condiciones en las cuales se ha desarrollado.

Posterior al proceso de secado el contenido de proteínas fue afectado por la temperatura, es decir, al ser mayor la temperatura el contenido proteico fue menor con valores de 22 %; este efecto se explica porque el calor provoca la desnaturalización de las proteínas, lo que altera sus propiedades funcionales y reduce su disponibilidad (García et al., 2019). Con respecto al nivel de espesor el contenido de proteínas fue ligeramente mayor al ser menor el espesor (1 cm), esto influye ya que la superficie expuesta al calor es menor teniendo valores entre (22 a 28 %) de proteína lo cual es opuesto a lo reportado por Gallegos (2023) quien al secar hongos comestibles en 3 espesores (3,5 cm, 2,5 cm y 1,5 cm) evidenció que al ser mayor el espesor es cuando el contenido de proteínas también es mayor; esta discrepancia podría ser resultado de las diferencias en las condiciones de secado, la temperatura, espesor y tiempo empleado en cada hongo utilizado en la investigación, ya que el espesor es menor con valores de 1 y 2 cm hay menos superficie expuesta al calor lo cual influye en la desnaturalización de la misma, ya que la superficie externa

Asimismo, el hongo comestible antes de ser sometido a tratamiento presentó una humedad de 90,05%, y después del secado fue fuertemente influenciada por el nivel de temperatura, reduciéndose conforme se incrementó la temperatura, esto es reafirmado en un estudio realizado por Cardona et al. (2022) quienes al secar hongos comestibles a temperaturas de 40, 50 y 60 °C, evidenciaron que el contenido de humedad fue menor al incrementarse la temperatura, esto debido a que al aplicar temperaturas altas el producto elimina un mayor porcentaje de agua; sin embargo pueden dañar la estructura del hongo (Mojica et al., 2020).

Por otro lado, la muestra con espesor de 2 cm presentó un contenido de humedad ligeramente mayor, los cambios evidenciados son similares a los encontrados por Gallegos (2023) quien, al determinar la humedad en hongos comestibles con espesores de 3,5 cm, 2,5 cm y 1,5 cm, reportó que las muestras con mayor espesor presentaron un porcentaje superior de humedad, y conforme se fue disminuyendo el espesor también disminuyó la humedad. Estos cambios se deben posiblemente a que al ser mayor el espesor el tiempo de secado se prolonga ya que el agua tarda más en migrar del producto hacia la superficie, lo cual disminuye la tasa de secado al ser mayor el espesor (Limpaiboon, 2011).

En cuanto al contenido de ceniza se obtuvo 6,05 % en el hongo fresco, asemejándose a los reportados por Das et al., (2023) que encontraron un contenido de 10,93 % de ceniza en hongos comestibles; luego del secado estos valores disminuyeron en todos los tratamientos; dicha disminución también fue percibida por Maray et al. (2017) al someter a secado a sol natural hongos comestibles, y las diferencias existentes entre nuestros datos con otras investigaciones se debe posiblemente al método de secado, condiciones y parámetros de secado.

Al secar los hongos comestibles se visualizó que la temperatura ambiente presentó menor pérdida de peso, y al incrementarse la temperatura (60 °C, 70 °C y 80 °C) se produjo

una mayor pérdida, esto podría ser causado probablemente por la cantidad de sólidos en el producto, la capacidad de filtración de las células y la alteración de las membranas celulares (Zapana, 2024).

La actividad del agua (a_w) mostró que la temperatura de 70 °C presentó el valor más bajo y a 60 °C y a temperatura ambiente ostentó los valores más elevados, lo que evidencia que a menor temperatura mayor es la a_w . Estos cambios se asemejan con lo señalado por Nayak et al. (2018) los mismos que al secar hongos comestibles (*Pleurotus djamor*) obtuvieron efectos significativos de la temperatura sobre la a_w alcanzando un valor mínimo de 0,236 a 60 °C, y mayores valores a temperaturas más bajas (40 °C).

Antes del secado el hongo presentó un L^* de 69,94, a^* de 26,63 y un b^* de 24,41. Sin embargo, después del secado L^* se redujo constantemente al incrementarse la temperatura, y fue aún menor en la T4 (temperatura ambiente). La reducción de L^* después del secado indica un oscurecimiento del hongo, que se ve generalmente relacionado con la degradación de pigmentos, así como también con el pardeo no enzimático (reacción de Maillard y caramelización) que se ven favorecidos por la presencia de calor y la disminución de la humedad (Maskan, 2001); por otro lado, los mayores valores de L^* a menor temperatura se debe posiblemente a que las condiciones más lentas de secado prolongan la acción del polifenol oxidasa, y el mayor oscurecimiento a temperaturas altas se debe a las reacciones térmicas (Que & Tao, 2008).

4.3.2. Características microbiológicas (Aerobios mesófilos, Coliformes totales y mohos) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) en fresco y secado

Con respecto a la presencia de microorganismos, el hongo comestible fresco presentó una cantidad de $2,0 \times 10^1$ UFC/g de aerobios mesófilos, valores <10 UFC/g de coliformes totales y en el caso de mohos y levaduras se reportó valores de 10^2 y $1,8 \times 10^2$ UFC/g

respectivamente. Después del proceso de secado esta cantidad de microorganismos (mesófilos, coliformes, mohos y levaduras) se redujo al incrementarse la temperatura, obteniéndose valores más bajos a 80 °C y el valor más alto a temperatura ambiente, tanto en el espesor de 1 cm, así como también en el espesor de 2 cm. Sin embargo, todos los valores tanto para el hongo en fresco, así como después del proceso de secado presentaron valores que encuentran dentro de lo estipulado en la R.M. 591-2008/MINSA, para frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas, dicha norma establece un valor máximo permitido de 10^2 UFC/g para coliformes totales, 10^6 UFC/g para aerobios mesófilos y 10^3 UFC/g para el caso de mohos y levaduras, por lo cual el producto cumple con los requisitos microbiológicos establecidos. La reducción de microorganismos al incrementarse la temperatura nos confirma la importancia del secado como un factor de barrera microbiológica.

4.3.3. Tiempo y temperatura que permita conservar las características fisicoquímicas del hongo (*Suillus luteus* A.) comestible secado.

El menor tiempo de secado se obtuvo en la temperatura de 80 °C con un tiempo empleado de 236 minutos, siendo esta la más recomendable, a diferencia de la temperatura ambiente (18-21 °C) que requiere de un mayor tiempo de secado (1440 min), lo cual podría ser ineficiente para conservar las propiedades fisicoquímicas del hongo; esto coincide con lo que señalan Madamba & Jose (2021) quienes reportaron que al incrementarse la temperatura se produce una aceleración de la cinética de pérdida de agua, a consecuencia de un mayor gradiente de presión del vapor entre la parte interna del producto y el aire de secado.

Por su parte, Argyropoulos et al. (2008) también menciona que, al reducir el tiempo de secado con temperaturas elevadas, no solo se obtiene un ahorro de tiempo sino también de energía y el riesgo de crecimiento microbiano y deterioro en secados prolongados. Sin embargo, las temperaturas excesivamente altas (pese a reducir el tiempo de secado), producen encogimiento y fragilización estructural del propio producto y deterioro de la calidad del

mismo (Zielińska et al, 2020). Es por eso que algunos autores recomiendan un rango de secado de 60 a 70 °C, como el rango ideal para equilibrar secado y la preservación de la integridad física y solo temperaturas de 80 °C para secados donde el tiempo de proceso es el factor determinante (Argyropoulos et al., 2008; Zielinska et al., 2020).

4.3.4. Capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) *secado*

La capacidad de retención de agua (CRA) del hongo comestible fue mayor a temperatura ambiente, y a las temperaturas de 80, 70 y 60 °C la CRA fue menor; dicha tendencia descendente coincide con investigaciones realizadas en hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) donde se indican que la CRA es mayor en secado a temperaturas más bajas, esto se debe a una pérdida menor de la integridad de la estructura celular, mejor conservación de las capilaridades internas y mayor capacidad para absorber agua (Espinoza et al., 2023), por lo que al incrementar la temperatura de secado se produce un mayor daño de los tejidos vegetales (en concreto membrana y pared celular), disminuyendo la capacidad para retener el agua, ya que los tejidos establecidos están más dañados y tienen más capacidad de absorber el agua pero son incapaces de retenerla (Marín et al., 2006).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las características fisicoquímicas (proteínas, humedad, cenizas, pérdida de peso, a_w , y color del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) fresco y secado, fueron afectadas significativamente ($p < 0,05$) tanto de la temperatura, así como también del espesor de las muestras del hongo comestible (*Suillus luteus* A.).

El efecto de temperatura y espesor sobre las características microbiológicas (*Aerobios mesófilos*, *Coliformes totales*, mohos y levaduras) del hongo comestible (*Suillus luteus* A.) no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, además se encontró dentro de los límites establecidos en la R.M. N° 591 2008/MINSA,

Se determinó el tiempo y temperatura de secado que permita conservar mejor las características fisicoquímicas del hongo (*Suillus luteus* A.) comestible, resultando como mejor temperatura la de 80 °C, ya que el secado se logra en menor tiempo siendo 80 °C y 1 cm de espesor presentando 234 minutos de tiempo de secado.

La CRA del hongo comestible (*Suillus luteus* A.), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, siendo la temperatura de 60 C, y el espesor de 2 cm, la que mejor conserva esta propiedad con un valor

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar una optimización de la temperatura de deshidratación que permita preservar mejor el contenido proteico del hongo comestible.

Estudiar sobre el cambio de color de otros tipos de hongos al ser sometidos a proceso de deshidratación.

Realizar estudios complementarios donde se determine otras características del hongo *Suillus luteus* A., tales como las nutricionales (vitaminas, minerales y carbohidratos) y funcionales (fenoles y capacidad antioxidante) del hongo *Suillus luteus* A.

Añadir el hongo comestible *Suillus luteus* A. como un ingrediente enriquecedor en la producción de diferentes productos alimenticios, como galletas, mermeladas, caramelos, entre otros.

Fomentar el cultivo más tecnificado de hongos comestibles a nivel local, ya que podría contribuir con el desarrollo económico de la provincia de Chota a través de la diversificación de productos agroindustriales y funcionales.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- A. Sandoval, E. E., & B. Neira, E. (2022). *Elaboración de galletas enriquecidas con harina de hongos comestibles (Suillus luteus) y harina de sangre de vacuno*. [Tesis De Titulación Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10881>
- Argyropoulos, D., Heindl, A., & Muller, J. (2008). Evaluation of processing parameters for hot-air drying to obtain high quality dried mushrooms in the Mediterranean region. *Tropentag*, 7(9), 1-7. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/242758986_Evaluation_of_processing_parameters_for_hot-air_drying_to_obtain_high_quality_dried_mushrooms_in_the_Mediterranean_region
- B-Badillo, G., A-Castillo, G., Nava-Tablada, M. E., & P-Vázquez, A. (2013). *Análisis del marco regulatorio en el aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles en México*. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(3), 363-374. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v19n3/v19n3a5.pdf>
- B. Jorge, E. E. (2019). *Efecto de la temperatura y el espesor en la calidad nutricional del hongo de pino (Suillus Luteus A.0) deshidratado en un secador solar automatizado*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6548/T010_72609968_T.pdf? =1&isAllowed=y
- Caballero, B. L., Márquez, C. J., & Betancur, M. I. (2017). *Efecto de la liofilización sobre las características físico-químicas del ají rocoto (Capsicum pubescens R & P) con o sin semilla*. *Bioagro*, 29(3), 225-234. <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v29n3/art08.pdf>
- Campo, Y., & Gálvez, V. (2011). Efecto de la termosonicación sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco empacado al vacío. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 55-63. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90322644010>
- Cano, A. & Romero, L. (2016). *Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres*. *Revista Chilena de Nutrición*, 43 (1), 75-80. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-7518201600010001>
- Carpio Arias, M. M., & Monserrate Barahona, D. R. (2021). *Estudio De Factibilidad Para La Construcción Local De Una Maquina Por Sensores sequence Para El Secado De*

- Hongos Comestibles En La Producción De Harina (Bachelor's Thesis)*. [Tesis de titulación, Universidad Estatal De Milagro Facultad Ciencias E Ingeniería]. <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/5650>
- Cardona, Y., Crespo, L., Matos, L., Puig, Y., & Pérez, A. (2022). Secado y rehidratación de la seta comestible *Pleurotus ostreatus*. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), 29-34. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/369325789_Secado_y_rehidratacion_de_la_seta_comestible_Pleurotus_ostreatus
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Chambi, R., & Ichuta, M. (2020). *Evaluación de aminoácidos esenciales, relación de eficiencia proteica de la harina de setas comestibles (Pleurotus ostreatus y Suillus luteus) y elaboración de una bebida instantánea*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú]. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16334/Chambi_Rosa_Ichuta_Miluska.pdf?sequence=1
- Chaquilla, L., Pérez, L., Lozano, F., & Fernández, A. (2024). Deshidratación del hongo *Suillus luteus* a diferentes temperaturas de secado, métodos de secado y pretratamientos. *Ciencia y Agrotecnología*, 48(2), 1 - 10. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448016624>
- Das, M., Mayookha, V., Gita, V., Chetana, R., & Suresh, G. (2023). Influence of different drying techniques on quality parameters of mushroom and its utilization in development of ready to cook food formulation. *J Food Sci Technol*, 60(4), 1342-1354. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05680-9>
- De la Cruz, P. (2020). El hipotético-deductivismo en la explicación de las ciencias sociales. *Investigación en Ciencias Sociales*, 10(18), 1 - 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.18.397>
- Durand Seclen, Y. R., & Ortiz Mendoza, M. E. (2018). *Propuesta de Plan de Negocios para la Producción y Comercialización de Hongo Deshidratado Suillus Luteus L. en el Distrito Alto-Andino de Incahuasi Provincia de Ferreñafe Región Lambayeque*. [Tesis de titulación Universidad nacional pedro Ruiz gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2368/BC-TES-TMP-1247.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Espinoza, Y., Lozano, F., Moreano, L., Calixto, J., & Chaquilla, G. (2023). Pre-treatments and drying methods on the physicochemical and sensory characteristics of wild mushrooms (*Suillus luteus*) from Apurimac-Peru. *Chilean J. Agric. Anim. Sci*, 39(3), 276-287. <https://doi.org/https://doi.org/10.29393/CHJAA39-24PDYG50024>
- Flores Pérez, E., & Frías Segura, M. (2015). *Optimización del secado por aire forzado del hongo comestible (Suillus luteus) de Marayhuaca–Incahuasi* [Tesis de titulación, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/1761>
- Gallegos, R. (2023). *Deshidratación de hongos comestibles (Suillus luteus) en un secador artesanal, comunidad de Chahuarinay- distrito de Chuquibambilla – Grau – Apurímac, 2021*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú]. <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/31f7a70d-d0c7-4f67-9075-08ea7bc50ecb/content>
- García, Y., Cabrera, D., Ballestas, J., & Campo, M. (2019). Effect of different thermal treatments on the tecfunctional properties of white bean flour (*Phaseolus lunatus* L.) and the determination of its potential agri-food use. *INGE CUC*, 15(2), 132–142. <https://doi.org/http://doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.13>
- Granados Leiva, J. J., & Torres Bances, E. L. (2018). *Diagnóstico situacional Agrosocioeconómico de la producción de Hongo Silvestre Comestible (Suillus luteus A.), en tres comunidades campesinas del distrito de Incahuasi-Lambayeque* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/>
- Herrera Défaz, M. C. (2018). *Evaluación de la aceptabilidad de Hongos Comestibles, Hongo del Pino, (Suillus luteus) en la dieta de las familias de la Comunidad de Guayamá Grande en el periodo Julio–octubre 2018 (Bachelor's thesis, PUCE-Quito)* [Tesis de grado y posgrado, Pontificia Universidad Católica de Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17851>
- Holgado, M., Chimey, C., Trutmann, P., & Pérez, K. (2025). Los hongos comestibles en el Perú. *Lilloa*, 62(1), 203-221. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30550/j.lil/1825>
- Huamán de la Cruz, C. C. (2020). *Innovación en el proceso de deshidratación de Setas Gourmet de exportación en las comunidades del piso ecológico quechua en el Norte del Perú* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/>
- INACAL. (2006). *Norma Técnica Peruana 201.057 2006 (Revisada el 2016)*. INACAL. https://es.scribd.com/document/475291235/NTP-201-057?utm_source=chatgpt.com

- Jay, J., Loessner, M., & Golden, D. (2005). *Modern Food Microbiology*. Seventh. <https://doi.org/https://muhammadsubchi.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/modern-food-microbiology-7th-ed-springer-2005.pdf>
- Jasso-Arriaga, X., Martínez-Campos, Á. R., Gheno-Heredia, Y. A., & Chávez-Mejía, C. (2016). *Conocimiento tradicional y vulnerabilidad de hongos comestibles en un ejido dentro de un área natural protegida. La revista internacional Polibotanica* (42), 167-195
<https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n42/1405-2768-polib-42-00167.pdf>
- Limpaiboon, K. (2011). Effects of Temperature and Slice Thickness on Drying Kinetics of Pumpkin Slices. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 8(2), 159-166. <https://doi.org/10.2004/wjst.v8i2.23>
- Madamba, P., & Jose, J. (2021). Optimisation of the hot air drying of mango slices. *Journal Article*, 2970, 237-243. <https://doi.org/https://www.ukdr.uplb.edu.ph/journal-articles/2970>
- Maray, A., Kamal, M., & El. Fakhrany, A. (2017). Efecto de los pretratamientos y métodos de secado sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y el valor nutricional del hongo ostra: MARAY et al. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13352. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13352>
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidrtación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición*, 3(33), 1-19. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/469/46914636009.pdf>
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00154-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0)
- Merino, I., & Márquez, O. (2024). Conocimiento tradicional de hongos comestibles en comunidades indígenas del mundo y límites planetarios, revisión sistemática actual. *Artículos*, 10(21), 1 - 15. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/6681/668180142014/668180142014.pdf>
- Ministerio de Salud [MINSA]. (2008). *Resolución Ministerial N° 592 - 2008/MINSA (Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. MINSA. https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf?utm_source=chatgpt.com

- Ministerio de Salud. (2008). *Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA- Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. MINSA. https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591_MINSANORMA.pdf
- MINSA. (2003). *RM 615-2003-SA-DM, MINSA Criterios Microbiológicos Alimentos y Bebidas Consumo Humano 28-06-2003*. El Peruano. https://es.scribd.com/document/379086061/RM-615-2003-SA-DM-MINSA-Criterios-Microbiologicos-Alimentos-y-Bebidas-Consumo-Humano-28-06-2003?utm_source=chatgpt.com
- Melgarejo, E. (2014). *Dos hongos silvestres comestibles de la localidad de Incachaca, Cochabamba* (Yungas de Bolivia). *Acta Nova*, 6 (4), 521-522. http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v6n4/v6n4_a04.pdf
- Monsalve, JMR, Rodríguez, MC y Llanos, CAH (2019). *Optimización del proceso de liofilización y comparación con el secado convectivo de estragón ruso* (Artemisia Dracunculus L.). *Acta Agronómica*, 68 (3). https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/ByvwA?_s=RMmBv%2Brj5Rmu2D38Brbf%2FtW6PN4%3D
- Moncayo Medina, A. E. (2017). *Caracterización morfológica, análisis proximal y análisis microbiológico de una muestra de la Cianobacteria Nostoc sp., recolectada en el páramo de Papallacta*. [Tesis de titulación, Universidad Central Del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9327>
- Muro Ruiz, R. F. (2021). *Exportación de hongos comestibles (Suillus Luteus) del distrito de Incahuasi a Sao Paulo, Brasil* [Tesis de Titulación, Universidad De San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/7445>
- Müller-Esterl, W. (2019). *Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida*. Reverte. EE.UU
- Moscoso Infante, J. H. (2020). *Perspectivas agroindustriales para hongos comestibles en Chile: potencial nutricional y funcional*. [Tesis de titulación Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/188274>
- Nayak, H., Kushwaha, A., Shahi, N., & Chand, K. (2018). Effect of Drying Parameters on Water activity of Pink Oyster Mushroom (*Pleurotus djamor*) Powder. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2288-2292. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/324056589_Effect_of_Dryin

[g Parameters on Water activity of Pink Oyster Mushroom *Pleurotus djamor Powder*](#)

- Neira Rodas, B. I. (2021). *Temperatura y Tiempo de Deshidratación de la Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) por Aire Forzado*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional De Jaen]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/99>
- Ortiz Calderón, E.A. (2018). *Cinética de secado, caracterización y determinación del tiempo óptimo de pulverizado para un concentrado de plomo, cobre y zinc a nivel del laboratorio*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe>
- Ponce de León Catacora, Y. (2019). *Usos culinarios y características organolépticas del hongo silvestre comestible: *Suillus luteus* en Pampallacta, región Cusco*. [Tesis de titulación, Universidad Le Cordon Bleu]. <https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/ULCB/55/Tesis%20Velasco-Ponce%20de%20Leon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Que, F., & Tao, X. (2008). Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(7), 1195-1201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01590.x>
- Ruiz Sepa, L. R. (2016). *Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la Parroquia Veracruz del Cantón Pastaza* (Bachelor's thesis). [Tesis de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5677>
- SALCEDO-MENDOZA, J. A. I. R. O., GARCÍA-MOGOLLÓN, C. A. R. L. O. S., & SALCEDO-HERNÁNDEZ, D. A. V. I. D. (2018). *Propiedades funcionales de almidones de ñame (*Dioscorea alata*)*. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1170>
- Tantaleán, V., & Kimberlim, J. (2021). Efecto de la poda de *Pinus radiata* y *P. patula*, en la proliferación de *Suillus luteus*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/4496/TESIS%20JENSY%20KIMBERLIM%20VILLANUEVA%20TANTALEAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Argyropoulos, D., Heindl, A., & Muller, J. (2008). Evaluation of processing parameters for hot-air drying to obtain high quality dried mushrooms in the Mediterranean region. *Tropentag*, 7(9), 1-7. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/242758986_Evaluation_of_processing_parameters_for_hot-air_drying_to_obtain_high_quality_dried_mushrooms_in_the_Mediterranean_region
- Campo, Y., & Gálvez, V. (2011). Efecto de la termosonicación sobre las propiedades físicoquímicas del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco empacado al vacío. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 55-63. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90322644010>
- Cardona, Y., Crespo, L., Matos, L., Puig, Y., & Pérez, A. (2022). Secado y rehidratación de la seta comestible *Pleurotus ostreatus*. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), 29-34. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/369325789_Secado_y_rehidratacion_de_la_seta_comestible_Pleurotus_ostreatus
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Chambi, R., & Ichuta, M. (2020). *Evaluación de aminoácidos esenciales, relación de eficiencia proteica de la harina de setas comestibles (Pleurotus ostreatus y Suillus luteus) y elaboración de una bebida instantánea*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú]. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16334/Chambi_Rosa_Ichuta_Miluska.pdf?sequence=1
- Chaquilla, L., Pérez, L., Lozano, F., & Fernández, A. (2024). Deshidratación del hongo *Suillus luteus* a diferentes temperaturas de secado, métodos de secado y pretratamientos. *Ciencia y Agrotecnología*, 48(2), 1 - 10. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448016624>
- Das, M., Mayookha, V., Gita, V., Chetana, R., & Suresh, G. (2023). Influence of different drying techniques on quality parameters of mushroom and its utilization in development of ready to cook food formulation. *J Food Sci Technol*, 60(4), 1342-1354. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05680-9>
- De la Cruz, P. (2020). El hipotético-deductivismo en la explicación de las ciencias sociales. *Investigación en Ciencias Sociales*, 10(18), 1 - 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.18.397>

- Espinoza, Y., Lozano, F., Moreano, L., Calixto, J., & Chaquilla, G. (2023). Pre-treatments and drying methods on the physicochemical and sensory characteristics of wild mushrooms (*Suillus luteus*) from Apurimac-Peru. *Chilean J. Agric. Anim. Sci*, 39(3), 276-287. <https://doi.org/https://doi.org/10.29393/CHJAA39-24PDYG50024>
- Gallegos, R. (2023). *Deshidratación de hongos comestibles (Suillus luteus) en un secador artesanal, comunidad de Chahuarinay- distrito de Chuquibambilla – Grau – Apurímac, 2021*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú]. <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/31f7a70d-d0c7-4f67-9075-08ea7bc50ecb/content>
- García, Y., Cabrera, D., Ballestas, J., & Campo, M. (2019). Effect of different thermal treatments on the tecfunctional properties of white bean flour (*Phaseolus lunatus* L.) and the determination of its potential agri-food use. *INGE CUC*, 15(2), 132–142. <https://doi.org/http://doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.13>
- Holgado, M., Chimey, C., Trutmann, P., & Pérez, K. (2025). Los hongos comestibles en el Perú. *Lilloa*, 62(1), 203-221. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30550/j.lil/1825>
- INACAL. (2006). *Norma Técnica Peruana 201.057 2006 (Revisada el 2016)*. INACAL. https://es.scribd.com/document/475291235/NTP-201-057?utm_source=chatgpt.com
- Jay, J., Loessner, M., & Golden, D. (2005). *Modern Food Microbiology*. Seventh. <https://doi.org/https://muhammadsabchi.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/modern-food-microbiology-7th-ed-springer-2005.pdf>
- Limpaiboon, K. (2011). Effects of Temperature and Slice Thickness on Drying Kinetics of Pumpkin Slices. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 8(2), 159-166. <https://doi.org/10.2004/wjst.v8i2.23>
- Madamba, P., & Jose, J. (2021). Optimisation of the hot air drying of mango slices. *Journal Article*, 2970, 237-243. <https://doi.org/https://www.ukdr.uplb.edu.ph/journal-articles/2970>
- Maray, A., Kamal, M., & El. Fakhrany, A. (2017). Efecto de los pretratamientos y métodos de secado sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y el valor nutricional del hongo ostra: MARAY et al. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13352. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13352>
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidrtación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición*, 3(33), 1-19. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/469/46914636009.pdf>

- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00154-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00154-0)
- Merino, I., & Márquez, O. (2024). Conocimiento tradicional de hongos comestibles en comunidades indígenas del mundo y límites planetarios, revisión sistemática actual. *Artículos*, 10(21), 1 - 15.
<https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/6681/668180142014/668180142014.pdf>
- Ministerio de Salud [MINSA]. (2008). *Resolución Ministerial N° 592 - 2008/MINSA (Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. MINSA.
https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591_MINSANORMA.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Ministerio de Salud. (2008). *Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA- Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. MINSA.
https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591_MINSANORMA.pdf
- MINSA. (2003). *RM 615-2003-SA-DM, MINSA Criterios Microbiológicos Alimentos y Bebidas Consumo Humano 28-06-2003*. El Peruano.
https://es.scribd.com/document/379086061/RM-615-2003-SA-DM-MINSA-Criterios-Microbiologicos-Alimentos-y-Bebidas-Consumo-Humano-28-06-2003?utm_source=chatgpt.com
- Nayak, H., Kushwaha, A., Shahi, N., & Chand, K. (2018). Effect of Drying Parameters on Water activity of Pink Oyster Mushroom (*Pleurotus djamor*) Powder. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2288-2292.
https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/324056589_Effect_of_Drying_Parameters_on_Water_activity_of_Pink_Oyster_Mushroom_Pleurotus_djamor_Powder
- Que, F., & Tao, X. (2008). Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(7), 1195-1201.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01590.x>

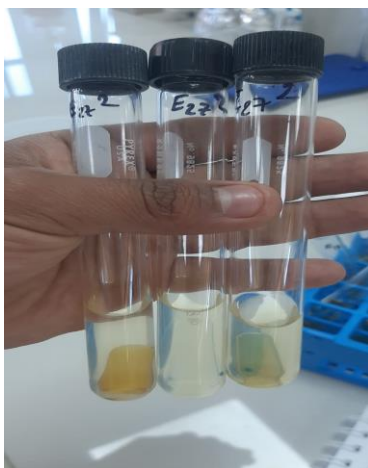
- Victoria, M., Belén, M., & Barroetaveña, C. (2024). Análisis de la cadena de valor de los hongos comestibles silvestres en la zona cordillerana de la provincia de Chubut, Patagonia, Argentina. *Bosque*, 45(3), 473 - 484. <https://doi.org/https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v45n3/0717-9200-bosque-45-03-473.pdf>
- Wang, M., & Zhao, R. (2023). A review on nutritional advantages of edible mushrooms and its industrialization development situation in protein meat analogues. *Journal of Future Foods*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.09.001>
- Zapana, L. (2024). *Efecto del espesor de corte del hongo comestible (Suillus luteus) y la velocidad de aire caliente del secador durante el deshidratado*. [Tesis para optar el título profesional. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú]. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/21923/Zapana_Salcedo_Luis_Francisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zielińska, M., Ropelewska, E., Wei, H., & Mujumdar, A. (2020). Review of recent applications and research progress in hybrid and combined microwave–assisted drying of food products: Quality properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(13), 2212-2264. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1632788>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Deshidratación del hongo comestible



Anexo 2. Análisis microbiológico del hongo comestible deshidratado



Anexo 3. Valores Promedios por repetición obtenidos de los distintos análisis

Temperatura	Espesor	Proteína	Cenizas	Perdida	Actividad	Secado	CRA	Luminosidad	Parámetro a*	Parámetro b*
T1	E1	22,261	2,99	49,28	0,273	238	2,3071	76,40	24,96	26,02
T1	E1	21,841	2,90	49,1	0,265	236	2,4465	76,06	25,05	25,94
T1	E1	22,452	2,99	49,74	0,287	334	1,9846	75,72	25,13	25,85
T1	E2	24,128	2,93	54,56	0,216	282	2,4099	75,38	25,22	25,77
T1	E2	23,908	2,95	53,24	0,271	281	2,2330	75,04	25,31	25,68
T1	E2	24,404	2,95	52,04	0,246	278	2,3616	74,70	25,40	25,60
T2	E1	25,058	2,94	45,705	0,241	285	2,7816	74,36	25,49	25,51
T2	E1	25,507	2,71	47,52	0,235	282	2,4518	74,02	25,57	25,43
T2	E1	24,909	2,66	48,125	0,230	280	2,1547	73,68	25,66	25,34
T2	E2	26,675	2,95	47,905	0,225	315	2,4325	73,34	25,75	25,26
T2	E2	25,976	2,94	48,125	0,219	317	2,5335	73,00	25,84	25,17
T2	E2	26,012	2,97	46,42	0,258	310	2,1703	72,66	25,93	25,09
T3	E1	27,261	2,98	50,01	0,276	495	2,7516	72,32	26,01	25,00
T3	E1	27,509	2,98	45	0,236	488	2,3022	71,98	26,10	24,92
T3	E1	26,902	2,95	49,23	0,216	498	2,3105	71,64	26,19	24,83
T3	E2	25,706	2,98	49,01	0,278	505	1,9306	71,30	26,28	24,75
T3	E2	25,109	2,99	50	0,239	502	2,0355	70,96	26,37	24,66
T3	E2	24,805	2,98	48,02	0,286	511	2,0785	70,62	26,45	24,58
T4	E1	27,902	2,75	21,86	0,268	4727	3,7677	70,28	26,54	24,49
T4	E1	28,009	2,99	22,01	0,216	4692	3,4285	69,94	26,63	24,41
T4	E1	27,627	2,67	24,04	0,256	4710	2,9046	69,60	26,72	24,32
T4	E2	28,032	2,97	27,91	0,275	4817	2,9034	69,28	26,17	24,11
T4	E2	28,921	2,98	25,66	0,239	4792	2,3783	70,88	26,29	24,25
T4	E2	28,712	2,98	22,35	0,292	4806	2,7910	68,90	26,23	24,01

Anexo 4. Resumen estadístico para las proteínas

Prueba	Resultado
Shapiro-Wilk normality test	$p = 0,5143 (>0,05) \rightarrow$ Se acepta H_0 . Hay normalidad de los errores.
Bartlett test of homogeneity of variances	$p = 0,9642 (>0,05) \rightarrow$ Se acepta H_0 . Hay homogeneidad de varianzas.
ANVA - FactorA_Temperatura	$F = 212,67, p < 0,001 \rightarrow$ Efecto altamente significativo.
ANVA - FactorB_Espesor	$F = 9,12, p = 0,008 \rightarrow$ Efecto significativo.
ANVA - Interacción (Temperatura*Espesor)	$F = 36,37, p < 0,001 \rightarrow$ Interacción significativa.
Post-ANVA (Tukey) - Temperatura	$T4 > T3 > T2 > T1$ (diferencias significativas).
Post-ANVA (Tukey) - Espesor	$E2 > E1$ ($p = 0,008$).
Post-ANVA (Tukey) - Interacción	Existen diferencias significativas entre varios niveles de combinación T*E.

Anexo 5. Resumen estadístico para la humedad

Prueba	Resultado
Shapiro-Wilk normality test	$p = 0,0002974 (<0,05) \rightarrow$ Se rechaza H_0 . No hay normalidad de los errores.
Levene's test of homogeneity of variances	$p = 0,1541 (>0,05) \rightarrow$ Se acepta H_0 . Hay homogeneidad de varianzas.
ANVA – FactorA_Temperatura	$F = 16,52, p < 0,001 \rightarrow$ Efecto altamente significativo.
ANVA – FactorB_Espesor	$F = 0,54, p = 0,472 \rightarrow$ No significativo.
ANVA – Interacción (Temperatura*Espesor)	$F = 6,50, p = 0,004 \rightarrow$ Interacción significativa.
Post-ANVA (Tukey) – Temperatura	$T2 > T1$ ($p = 0,0005$); $T3 > T1$ ($p = 0,009$); $T4 < T2$ ($p = 0,0001$); $T4 < T3$ ($p = 0,0018$).
Post-ANVA (Tukey) – Espesor	No hay diferencias significativas ($p = 0,472$).
Post-ANVA (Tukey) – Interacción	Existen diferencias significativas entre varios niveles de combinación T*E (ej.: $T3:E2 > T1:E1$ $p = 0,023$; $T4:E1 < T2:E1$ $p = 0,023$; $T1:E2 < T2:E1$ $p = 0,006$, etc.).

Anexo 6. Resumen estadístico para el contenido de ceniza

Prueba	Resultado
Shapiro-Wilk normality test	$p = 0,0008 (<0,05) \rightarrow$ Se rechaza H_0 . No hay normalidad de los errores.
Levene's test of homogeneity of variances	$p = 0,3062 (>0,05) \rightarrow$ Se acepta H_0 . Hay homogeneidad de varianzas.
ANVA – FactorA_Temperatura	$F = 2,55, p = 0,092 \rightarrow$ No significativo (tendencia).
ANVA – FactorB_Espesor	$F = 7,01, p = 0,018 \rightarrow$ Efecto significativo.
ANVA – Interacción (Temperatura*Espesor)	$F = 2,46, p = 0,100 \rightarrow$ No significativo.
Post-ANVA (Tukey) – Temperatura	No existen diferencias significativas entre niveles de T.
Post-ANVA (Tukey) – Espesor	$E_2 > E_1 (p = 0,018) \rightarrow$ El espesor 2 es el mejor nivel.
Post-ANVA (Tukey) – Interacción	No existen diferencias significativas entre combinaciones T*E.

Anexo 7. Resumen estadístico para la pérdida de peso

Prueba	Resultado
Shapiro-Wilk normality test	$W = 0,966, p = 0,581 (>0,05) \rightarrow$ Se acepta H_0 . Hay normalidad de los errores.
Bartlett test of homogeneity of variances	$K^2 = 8,44, p = 0,296 (>0,05) \rightarrow$ Se acepta H_0 . Hay homogeneidad de varianzas.
ANVA – FactorA_Temperatura	$F = 354,33, p < 0,001 \rightarrow$ Efecto altamente significativo.
ANVA – FactorB_Espesor	$F = 8,57, p = 0,0099 \rightarrow$ Efecto significativo.
ANVA – Interacción (Temperatura*Espesor)	$F = 1,46, p = 0,264 \rightarrow$ No significativo.
Post-ANVA (Tukey) – Temperatura	$T_4 < T_1, T_2, T_3 (p < 0,001)$. T_2 y $T_3 < T_1$. \rightarrow T4 presenta la menor pérdida de masa.
Post-ANVA (Tukey) – Espesor	$E_2 < E_1 (p = 0,0099) \rightarrow$ E2 presenta la menor pérdida de masa.
Post-ANVA (Tukey) – Interacción	Algunas combinaciones (T4:E1, T4:E2) muestran diferencias altamente significativas frente al resto ($p < 0,001$).

Anexo 8. Resumen estadístico para la actividad de agua (a_w)

Prueba	Resultado
Shapiro-Wilk normality test	$W = 0,948$, $p = 0,247 (>0,05)$ → Se acepta H_0 . Hay normalidad de los errores.
Bartlett test of homogeneity of variances	$K^2 = 5,09$, $p = 0,649 (>0,05)$ → Se acepta H_0 . Hay homogeneidad de varianzas.
ANVA – FactorA_Temperatura	$F = 1,46$, $p = 0,263$ → No significativo.
ANVA – FactorB_Espesor	$F = 0,154$, $p = 0,700$ → No significativo.
ANVA – Interacción (Temperatura*Espesor)	$F = 1,82$, $p = 0,185$ → No significativo.
Post-ANVA (Tukey) – Temperatura	No se detectan diferencias significativas entre niveles ($p > 0,05$).
Post-ANVA (Tukey) – Espesor	$E_2 \approx E_1$ ($p = 0,700$) → No diferencias significativas.
Post-ANVA (Tukey) – Interacción	No se detectan diferencias significativas entre combinaciones T*E ($p > 0,05$).

Anexo 9. Resumen estadístico del tiempo de secado

Prueba / Factor	Estadístico	p-valor	Decisión	Interpretación
Shapiro-Wilk (normalidad)	$W = 0,7668$	$8,86e-05$	$p < 0,05$ → Rechazo H_0	Los errores no siguen normalidad estricta, pero ANOVA es robusto.
Levene (homogeneidad de varianzas)	$F = 0,842$	$0,5693$	$p > 0,05$ → No rechazo H_0	Se cumple homogeneidad de varianzas.
Factor Temperatura (A)	$F = 63399,13$	$< 2e-16$	***	Efecto altamente significativo.
Factor Espesor (B)	$F = 18,466$	$0,00055$	***	Efecto significativo.
Interacción A×B	$F = 5,136$	$0,0112$	*	Interacción significativa.
Tukey Temperatura (A)	$T_4 > T_3 > T_2 \approx T_1$	$p < 0,001$ (excepto T_2-T_1 : ns)	Los niveles altos (T_3 y T_4) son superiores, T_4 es el mejor.	
Tukey Espesor (B)	$E_2 > E_1$	$p = 0,00055$	El espesor E_2 es mejor.	
Tukey Interacción (A×B)	$T_4:E_2 > T_4:E_1 > T_3:E_2 > T_3:E_1 \gg T_1$ y T_2	$p < 0,001$	La mejor combinación es T_4 con E_2 .	

Anexo 10. Resumen estadístico para CRA

Análisis	Prueba / Comparación	Hipótesis	Estadístico	p-valor	Interpretación
Supuestos	Shapiro-Wilk	H0: errores N (0) Ha: no normalidad	W = 0,7668	8,86e-05	Se rechaza H0 → No hay normalidad estricta
	Bartlett	H0: homogeneidad de varianzas Ha: heterocedasticidad	K ² = 30,33, df=7	8,27e-05	Se rechaza H0 → No hay homocedasticidad
ANVA	Factor A: Temperatura	H0: no efecto	F=63399,13	<2e-16	Altamente significativo
	Factor B: Espesor	H0: no efecto	F=18,47	0,00055	Significativo
	Interacción A×B	H0: no interacción	F=5,14	0,011	Significativa
Tukey	Temperatura	Comparaciones de medias	T4>T3> T2≈T1	p<0,001 (excepto T2-T1)	El mejor nivel de temperatura es T4
	Espesor	E2-E1 = +37,58	p=0,00055	El mejor nivel de espesor es E2	
	Interacción	Diferencias entre combinaciones	T4:E2 >> demás	p<0,001	La mejor combinación es T4:E2 (Temperatura 4 y Espesor 2)