



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



EFEECTO DEL ESPESOR DE CORTE DEL HONGO COMESTIBLE
(*Suillus luteus*) Y LA VELOCIDAD DE AIRE CALIENTE DEL
SECADOR DURANTE EL DESHIDRATADO

TESIS

PRESENTADA POR:

LUIS FRANCISCO ZAPANA SALCEDO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EFECTO DEL ESPESOR DE CORTE DEL HONGO COMESTIBLE (*Suillus luteus*) Y LA VELOCIDAD DE AIRE CALIENTE DE

AUTOR

Luis Francisco Zapana Salcedo

RECuento DE PALABRAS

20650 Words

RECuento DE CARACTERES

107313 Characters

RECuento DE PÁGINAS

110 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

25.0MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 26, 2024 8:45 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 26, 2024 8:48 AM GMT-5

● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 13 palabras)


ROSARIO ENELEY ORTEGA BORRERO


Ulises Alvarado Manzano

Resumen



DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por iluminar y cuidarme a lo largo de mi camino, ser mi inspiración y fortaleza en tiempos de dificultad y así continuar en el camino del éxito.

A mis hijos Luciana Isabel y Noé Santiago, por esos momentos de ternura, dulzura e inocencia, he dado un paso más para servirles de ejemplo y guiar su camino. Por ustedes he decidido seguir escalando más y ser mejor como persona y profesional.

A Nilda Susan, por darme palabras de aliento y motivación para seguir adelante, por comprender y apoyarme en momentos de dificultad que pasamos.

A mis queridos padres Lucio Zapana y Valeria Salcedo, por inculcarme valores y deberes, con paciencia, esfuerzo, sacrificio y un apoyo incondicional; supieron educarme a lo largo de mi vida y en mi formación profesional, sus oraciones y palabras de aliento permitieron mantenerme de pie y seguir adelante.

A mis hermanas Claudia y Erika; por su apoyo incondicional, por estar al pendiente de mis avances y lograr terminar el presente trabajo de investigación.

A todas las personas que me apoyaron directa e indirectamente y han hecho posible este trabajo de investigación.

Luis Francisco Zapana Salcedo



AGRADECIMIENTO

A mi alma mater de la Región de Puno, la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, en especial a los docentes que me brindaron todos los conocimientos necesarios durante mis estudios de pregrado, por ser parte de esta gran casa de estudios y poder cumplir una de mis metas.

A mi Directora/Asesora de tesis D. Sc. Rosario Edely Ortega Barriga, por su paciencia, tiempo, enseñanzas y un apoyo incondicional en la elaboración, ejecución y culminación del presente proyecto de tesis.

A mis jurados de tesis: M. Sc. César Paul Laqui Vilca, M. Sc. Juan Quispe Ccama y Dr. Ronald Astete Tebes, por sus revisiones, orientaciones, consejos, correcciones y dictamen del presente trabajo de investigación.

A la Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca - PEBLT, por aceptar las solicitudes, brindarme facilidades y al Dr. José Luis Vilca Ticona por su apoyo incondicional en las coordinaciones y solicitudes para la toma de muestras.

Al Sr. Alejandro Coarita Yapuchura, representante de la Asociación de Productores Ecológicos Yunguyo mío del Valle de Laje, por permitirme tomar las muestras necesarias para la presente investigación.

A mi familia, compañeros y amigos por compartir conmigo sus conocimientos, experiencias y palabras de aliento, MUCHAS GRACIAS A TODOS.

Luis Francisco Zapana Salcedo



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	18
2.2. HONGOS COMESTIBLES	24
2.2.1. Generalidades.....	24
2.2.2. Morfología de los hongos comestibles	27
2.2.3. Características propias del <i>Suillus luteus</i>	29
2.2.4. Valor nutricional del <i>Suillus luteus</i>	32
2.2.5. Importancia de los hongos comestibles	34



2.2.6. Métodos de conservación de hongos comestibles	36
2.3. FACTORES DE ESTUDIO DURANTE EL DESHIDRATADO	38
2.3.1. Espesor de corte	38
2.3.2. Velocidad de aire caliente	38
2.3.3. Pérdida de peso	39
2.3.4. Temperatura en el deshidratado	40
2.3.5. Humedad en el deshidratado	41
2.4. CONSIDERACIONES PARA EL PROCESO DE DESHIDRATADO	42
2.4.1. Generalidades del deshidratado	42
2.4.2. Proceso de deshidratado.....	44
2.4.3. Curvas de velocidad de secado	46
2.4.4. Etapas de la velocidad de secado	48
2.4.5. Cambios físicos durante la deshidratación.....	50
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	52
3.2. MATERIA PRIMA	52
3.3. MATERIALES DE LABORATORIO Y EQUIPOS	52
3.3.1. Materiales de laboratorio	52
3.3.2. Equipos	53
3.3.3. Reactivos.....	54
3.3.4. Software	54
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	54
3.4.1. Flujograma de operaciones del proceso	54
3.4.2. Descripción de operaciones realizadas	56



3.4.3. Balance de materia prima	58
3.4.4. Determinación del porcentaje de pérdida de peso	60
3.4.5. Determinación del contenido de humedad.....	60
3.5. FACTORES DE ESTUDIO	61
3.5.1. Variables de estudio.....	61
3.5.2. Variables de respuesta	61
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	61
3.6.1. Esquema del diseño experimental.....	61
3.6.2. Diseño estadístico utilizado	62
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DURANTE EL DESHIDRATADO.....	64
4.1.1. Porcentaje de pérdida de peso.....	64
4.1.2. Espesor de corte del hongo comestible.....	67
4.1.3. Velocidad del aire caliente en el secador.....	68
4.2. COMPORTAMIENTO CINÉTICO DE LAS CURVAS DE SECADO.....	69
V. CONCLUSIONES.....	80
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	92

ÁREA : Ciencia y Tecnología

TEMA : Propiedades Físicas y Estructurales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 07 de mayo del 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Las formas de vida de los hongos en la naturaleza.....	26
Tabla 2 Descripción de las partes del hongo comestible.....	28
Tabla 3 Diferencia entre hongos comestibles y no comestibles (venenosos).....	29
Tabla 4 Composición fisicoquímica del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) en base fresca.....	33
Tabla 5 Composición fisicoquímica del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) en base seca.....	34
Tabla 6 Usos e importancias de los hongos comestibles.....	36
Tabla 7 Principales métodos de conservación de los hongos comestibles.....	37
Tabla 8 Parámetros que rigen el proceso de secado.....	45
Tabla 9 Factores que afectan a la velocidad de secado.....	49
Tabla 10 Balance de materia durante el deshidratado del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>).....	59
Tabla 11 Cálculos para el análisis de la varianza (ANOVA).....	63
Tabla 12 Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>).....	66
Tabla 13 Prueba de Tukey para factor espesor de corte sobre el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) durante el deshidratado....	67
Tabla 14 Prueba de Tukey para factor velocidad de aire caliente sobre el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) durante el deshidratado.....	68



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Partes de los hongos comestibles.....	27
Figura 2 Esquema del desarrollo del cuerpo frutal del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) (A: primordio; B: adulto; C: senescente).....	30
Figura 3 Bosque de pinos (<i>Pinus radiata</i>).....	30
Figura 4 Proceso de simbiosis hongo – raíz.....	31
Figura 5 Curva típica de velocidad de secado constante.....	47
Figura 6 Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre....	48
Figura 7 Diagrama de flujo para la deshidratación del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>).....	55
Figura 8 Balance de materia en el proceso de deshidratado del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>).....	58
Figura 9 Esquema del diseño experimental para la evaluación del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) durante el deshidratado.....	62
Figura 10 Gráfico de interacción entre el espesor de corte y velocidad de aire caliente en el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>).....	64
Figura 11 Curva de secado del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) a velocidad de aire caliente de 0.5 m/s con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm.....	70
Figura 12 Curva de secado del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) a velocidad de aire caliente de 1 m/s con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm.....	71
Figura 13 Curva de secado del hongo comestible (<i>Suillus luteus</i>) a velocidad de aire caliente de 1.5 m/s con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm.....	72



- Figura 14** Curva de secado ajustado a una regresión cuadrática para la velocidad de aire caliente de 0.5 m/s, con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm..... 74
- Figura 15** Curva de secado ajustado a una regresión cuadrática para la velocidad de aire caliente de 1 m/s, con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm..... 75
- Figura 16** Curva de secado ajustado a una regresión cuadrática para la velocidad de aire caliente de 1.5 m/s, con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm.....76



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Datos de la fase experimental.....	92
ANEXO 2 Datos obtenidos mediante diseño experimental.....	98
ANEXO 3 Manejo documentario para la investigación.....	101
ANEXO 4 Panel fotográfico de la investigación realizada.....	104



ACRÓNIMOS

CPAW:	Agua activada por plasma frio
ANVA:	Análisis de varianza
cm:	Centímetros
CV:	Coefficiente de variación
<i>et al.:</i>	Colaboradores
EC:	Espesor de Corte
F.V.:	Fuente de Variación
Fc:	F calculada
°C:	Grados Celsius
G.L.:	Grados de Libertad
g:	Gramos
h:	Hora
HR:	Humedad relativa
Kg:	Kilógramos
kW-h:	Kilovatio-hora
KJ/mol:	Kilojulios por mol
kHz:	Kilohercio
L:	Litros
FD:	Liofilización
M.C.:	Media de los Cuadrados
m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar
m/s:	Metros por segundo
ml:	Mililitros



mm:	Milímetros
min:	Minutos
H ₂ O:	Molécula de agua
NTP:	Norma Técnica Peruana
CP:	Plasma frio
%:	Porcentaje
HDPE:	Polietileno de alta densidad
pH:	Potencial del ion Hidrógeno
p/p:	Peso de soluto/peso de una solución
ppm:	Partes por millón
FP:	Punto fresco
SP:	Punto estándar
CWP:	Punto de peso constante
PVD:	Secado al vacío pulsado
HAD:	Secado por aire caliente
IRHAD:	Secado por aire caliente asistido por infrarrojo
S.C.:	Suma de Cuadrados
T°:	Temperatura
T:	Tratamiento
VA:	Velocidad de aire caliente
V:	Volumen
W:	Vatio
W/Kg:	Vatios por kilogramo



RESUMEN

El hongo comestible (*Suillus luteus*), es una seta que crece de manera silvestre y en simbiosis con el pino radiata, es un producto con alto contenido de agua, metabolismo rápido y mucha facilidad de deterioro que requiere un tratamiento eficiente. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del espesor de corte del hongo comestible y la velocidad de aire caliente en el secador durante el deshidratado, los espesores de corte son: 0.5cm, 1.0cm y 1.5cm y las velocidades de aire caliente: 0.5m/s, 1m/s y 1.5m/s, con una temperatura constante de 60°C. Se realizaron controles de peso al ingreso y salida del secador, los datos obtenidos permitieron graficar las curvas de secado y evaluar el comportamiento cinético de deshidratado. Los resultados obtenidos revelaron que la muestra con espesor de corte de 0.5cm y con una velocidad de aire caliente de 1.5m/s permitió el mayor porcentaje de pérdida de peso con 92.7%. El análisis de varianza nos indica que existe diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible en sus diferentes niveles de espesor de corte (factor A) y de velocidad de aire caliente (factor B); no existe interacción entre los factores A x B ($P > 0.05$), quiere decir que ambos factores actúan de forma independiente sobre la variable porcentaje de pérdida de peso. Se concluye que a menor espesor de corte y a mayor velocidad de aire caliente, mayor es el porcentaje de pérdida de peso en 300 min y con una humedad constante de 7.38% en promedio, siendo el mejor tratamiento la muestra sometida a un espesor de corte de 0.5cm y a una velocidad de aire caliente de 1.5m/s.

Palabras clave: Deshidratado, Espesor de corte, Humedad, *Suillus luteus*, Velocidad de aire.



ABSTRACT

The edible mushroom (*Suillus luteus*), is a wild mushroom that grows in symbiosis with the radiata pine, it is a product with high water content, fast metabolism and very easy deterioration that requires efficient treatment. Therefore, the objective of the present research was to evaluate the effect on edible mushroom cutting thickness and hot air speed in the dryer during dehydration, the cutting thicknesses are: 0.5cm, 1.0cm and 1.5cm and the hot air speeds: 0.5m/s, 1m/s and 1.5m/s, with a constant temperature of 60°C. Weight controls were carried out at entrance and exit of the dryer, the data obtained allowed the drying curves to be graphed and the kinetic behavior of dehydration to be evaluated. The results obtained revealed that the sample with a cutting thickness of 0.5cm and a hot air speed of 1.5m/s allowed the highest percentage of weight loss with 92.7%. The analysis of variance indicates that there are significant statistical differences ($P \leq 0.05$) in the percentage of weight loss of the edible mushroom at different levels of cutting thickness (factor A) and hot air speed (factor B); There is no interaction between factors A x B ($P > 0.05$), which means that both factors act independently on the variable percentage of weight loss. It is concluded that the lower the slice thickness and the higher hot air speed, the greater percentage of weight loss in 300 min with a constant humidity of 7.38% on average, the best treatment being the sample subjected to a slice thickness of 0.5cm and at a hot air speed of 1.5m/s.

Keywords: Dehydrated, Slice thickness, Humidity, *Suillus luteus*, Air velocity.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Desde hace años, se sabe que un promedio de 200 especies de hongos (setas) han sido usadas como alimentos funcionales, solo 35 especies son comercialmente cultivadas para consumo humano, el resto crece de manera silvestre y es el caso del hongo comestible (*Suillus luteus*), que crece en bosques de pino (*Pinus radiata*) en simbiosis (trabajo mutuo) (Kalac, 2013). En el Departamento de Puno se puede encontrar en los valles y riveras de la Provincia de Yunguyo, fructifica entre los meses de diciembre a marzo, en temporada de precipitaciones pluviales.

Es un producto poco difundido en nuestra Región, no se le da la debida importancia en investigarla a pesar de que en otros países es muy valorado por sus nutrientes, textura, sabor agradable y delicado, posee cualidades culinarias excelentes y como saborizante, incluso llamando la atención de los investigadores de alimentos y farmacéuticos debido a sus componentes bioactivos (Mariga *et al.*, 2014).

Generalmente no se le explota adecuadamente y por lo tanto la producción que existe se pierde debido a su alto contenido de agua, metabolismo rápido después de la cosecha, mucha facilidad de deterioro y cambios de color, exige un manejo y tratamiento eficiente y corto en el tiempo, siendo la deshidratación o secado una alternativa para mantener sus propiedades fisicoquímicas y alargar su vida útil. Actualmente, las técnicas de secado se realizan a medio ambiente en campos de cosecha al aire libre, sobre rocas, maderas y plásticos, en contacto directo hacia los rayos del sol y sin parámetros de control, como consecuencia el producto presenta demoras en el tiempo de secado y reduce su calidad de manera significativa (Fennema, 2000; Sadler, 2003).



Según lo mencionado, el presente estudio propone el uso de un método de deshidratado en lecho fijo con parámetros controlados, ya que facilita el trabajo de estudio para la evaluación de efectos y comportamientos cinéticos durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*).

El espesor de corte permite definir el área de acción adecuada para el intercambio de materia, además facilita y reduce el tiempo de deshidratado (Lara, 2018). La velocidad de aire en movimiento absorbe el vapor de agua de la superficie del alimento, previniendo así la creación de atmósfera saturada (Fito *et al.*, 2016).

De esta manera permitirá su conservación en grandes cantidades (producto seco), logrando su disponibilidad durante todo el año y manteniendo sus características fisicoquímicas. Los objetivos del presente estudio de investigación son los siguientes:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto del espesor de corte del hongo comestible (*Suillus luteus*) y la velocidad de aire caliente del secador durante el deshidratado.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del espesor de corte del hongo comestible durante el deshidratado.
- Evaluar el efecto de la velocidad del aire caliente del secador de lecho fijo durante el deshidratado del hongo comestible.
- Evaluar el comportamiento cinético de las curvas de secado del hongo comestible durante el deshidratado.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Dong *et al.*, (2021), en su trabajo de investigación “Los cambios dinámicos en los atributos del producto del hongo shiitake, pilei y estipes durante la deshidratación por secado con aire caliente”, analizaron los cambios dinámicos en los atributos del hongo shiitake, pilei y stipes durante la deshidratación por secado con aire caliente (HAD). Extendieron las muestras en una sola capa sobre la bandeja y lo secaron a 60 °C en un horno de secado a temperatura constante, velocidad del flujo de aire de 1 m/s, humedad del aire del 10 %. Durante la deshidratación, la decoloración fue mayor durante el punto fresco (FP) al punto estándar (SP) que durante el (SP) al punto de peso constante (CWP). Concluyeron que el (SP) fue un importante punto de inflexión para cambios en los atributos del producto del hongo shiitake durante la deshidratación.

Jin *et al.*, (2021), en su trabajo de investigación “Papel del secado térmico y no térmico técnicas sobre la cinética del secado y las propiedades fisicoquímicas del champiñón shiitake”, investigaron el efecto del secado térmico (60°C y 2 m/s), y no térmico en la cinética de secado y las propiedades fisicoquímicas del producto final, con diámetros de 5 a 7 cm y espesores de sombrero de $1,2 \pm 0,2$ cm. Sus resultados mostraron que el hongo shiitake tratado con secado no térmico (liofilización al vacío) tenía un atractivo color, baja contracción y estructura de panal uniforme, mientras que el tiempo de secado fue el más largo y no propicio para la formación del aroma, pero el hongo shiitake tratado con secado térmico presenta una fragancia atractiva. En la tecnología de procesamiento térmico, en comparación con el secado por convección de aire caliente



(HAD), el secado por convección de aire caliente infrarrojo (IRHAD) acorta el tiempo de secado en un 37,5 %.

Belay y Solomon (2020), en su trabajo de investigación “Efecto de los pretratamientos y métodos de secado en la calidad de las rebanadas de mango deshidratado (*Mangifera Indica L.*)”, evaluaron el efecto de algunos pretratamientos y métodos de secado sobre las cualidades de las rebanadas de mango seco. Cuatro pretratamientos (zumo de limón, inmersiones en solución salina, escaldado y control en agua caliente) y cuatro secados (secado solar, en bandeja, por congelación y en lecho fluidizado). El secador de lecho fluidizado lo ajustaron digitalmente a una temperatura del aire de 50°C y un caudal de aire de 1,5 m/s. Todas las muestras lo secaron hasta una humedad por debajo del 10% en una base húmeda. Concluyeron que los secadores por congelación y de lecho fluidizado después de sometido a los pretratamientos, son el mejor método para el secado del mango.

Grant *et al.*, (2020), en su investigación denominada “Una revisión de los métodos de secado para mejorar la calidad de las hierbas secas”, realizaron una gran cantidad de estudios de secado de hierbas en las últimas décadas y han introducido varias técnicas de secado de hierbas. Sin embargo, la calidad de las hierbas secas comerciales sigue siendo más bajo que el de las hierbas frescas. Su objetivo fue ofrecer una visión general de las diferentes estrategias tecnológicas desarrolladas para mejorar la calidad de las hierbas aromáticas para su secado industrial. Concluyeron que la gran ventaja del secado por aire caliente es la controlabilidad del proceso, de parámetros como la temperatura de secado, el tiempo de secado y la velocidad del aire.

Mohammad *et al.*, (2019), en su trabajo de investigación “Pre tratamiento con plasma frío: un enfoque novedoso para mejorar las características de secado con aire



caliente, cinético parámetros y atributos nutricionales del champiñón shiitake”, estudiaron la exploración del efecto de los pre tratamientos con Plasma frío (CP) en el secado con aire caliente del hongo shiitake. Utilizó CP directo y agua activada por plasma frío (CPAW) para tratar los hongos antes de secar a 50, 60 y 70°C. Demostraron que el pre tratamiento CP como el CPAW aceleraron la transferencia de masa durante el proceso de secado, lo que resulta en una menor energía de activación, facilitando el tiempo de secado y requerimiento de energía en comparación con el Control. Concluyeron que la CP, como estrategia efectiva de pre tratamiento, puede ser aplicable repetidamente para el secado de productos agrícolas en términos de mejora de parámetros de secado, la gestión de la energía, así como la protección de los compuestos nutricionales.

Xiao *et al.*, (2019), en su trabajo de investigación “Análisis comparativo de compuestos gustativos en hongos shiitake procesados por secado con aire caliente y liofilización” procesaron los hongos shiitake mediante secado por aire caliente (HAD) y liofilización (FD) para investigar los compuestos del sabor. Llevaron a cabo el tratamiento HAD siguiendo un método informado con las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C. en el Tratamiento FD cortaron cada hongo shiitake fresco en ocho rebanadas y lo congelaron a -20°C durante 24 h, luego lo liofilizaron. Los aminoácidos libres totales en HAD muestras tratadas a 60°C fue la más alta en comparación con las otras tres muestras secas. Concluyeron que diferentes tratamientos de secado condujeron a diferentes propiedades fisicoquímicas y contenidos nutricionales en champiñones Shiitake.

Nazmi *et al.*, (2018), en su investigación “Impacto de diferentes métodos de secado en la cinética de secado, el color, el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante de la piña”, examinaron los efectos de la aplicación de métodos convectivos (temperaturas de 60, 70, 80 y 90°C, y la velocidad del aire lo fijaron en 1,5 m/s), de



microondas (120 y 350 W) y de liofilización en la cinética de secado, el color, el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante de la piña. Sus resultados de este estudio mostraron que, los métodos convectivos, de liofilización y el secado con microondas constituyen métodos aptos para el secado de la piña.

Yuan-Yuan *et al.*, (2018), en su investigación “Mejora de la textura y propiedades de rehidratación mediante pretratamiento por ultrasonidos para el secado infrarrojo de rebanadas de hongos shiitake”, investigaron los efectos del pretratamiento por ultrasonidos en la difusión del agua durante el secado por infrarrojos de onda corta y media y la calidad general del hongo shiitake. Pretrataron rebanadas de hongos shiitake (cortado verticalmente en 5.0±0.1 mm, aproximadamente 50.0±1.0 g de rodajas de hongos shiitake para ser tratado) con ondas ultrasónicas a 28 kHz y 600 W durante 15 min y luego secado infrarrojo conducido a 1350 W y 60°C. Demostraron que el tiempo de secado de las muestras previamente sometidas a pretratamiento por ultrasonidos fue notablemente reducido en un 21,43%, en comparación con las muestras sin pretratamiento.

Li-Zhen *et al.*, (2017), en su trabajo de investigación “Secado de pimiento rojo (*Capsicum annuum L.*): Efectos de diferentes métodos de secado en la cinética de secado, propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante, y microestructura”, realizaron un estudio experimental para el secado al vacío pulsado (PVD), secado por aire caliente asistido por infrarrojos (IR-HAD) y secado por aire caliente (HAD) en cinética de secado, capacidad antioxidante (poder antioxidante reductor férrico y capacidad de eliminación de radicales) y microestructura de pimiento rojo. Para HAD, las temperaturas del aire utilizadas en los experimentos lo fijaron en 50, 60, 70 y 80°C respectivamente y la velocidad del aire lo mantuvo a 1,5 m/s con la dirección del flujo de aire paralela a la



bandeja de secado. Concluyeron que el secado por PVD tiene la potencial para producir pimienta roja seca de alta calidad a escala comercial.

Özge *et al.*, (2017), en su trabajo de investigación “Secado por convección y por microondas de hongos (*A. bisporus* y *P. ostreatus*)”, secaron las muestras de *A. bisporus* y *P. ostreatus* a 60, 70 y 80°C en horno convencional y a 180, 360 y 600 W en horno microonda hasta que no se observaron cambios de peso. Evaluaron 15 ecuaciones de secado de capa delgada, el modelo Sigmoid dio los mejores resultados después de ajustar las proporciones de humedad experimentales. Las energías de activación necesarias fueron de 66.86 kJ/mol y 12.64 W/kg para *A. bisporus*, y 83.25 kJ/mol y 12.34 W/kg para *P. ostreatus*.

Moreno (2020), en su tesis “Influencia del tiempo de cosecha en el secado del Hongo *Suillus luteus*”, determinó la preferencia de los consumidores mediante una evaluación sensorial, en cuanto a las características de color, textura, sabor y aceptabilidad general de hongos secos comestibles *Suillus luteus* cosechados a diferentes días (8, 9, 10 y 11) con un pre-tratamiento de escaldado en agua (100°C) y disolución de ácido cítrico (0.5 %), para luego ser secados a una temperatura de 55°C con una velocidad de 1.5 m/s. En la primera etapa, caracterizó los hongos a diferentes días de cosecha en cuanto a humedad, dureza y color. En la segunda etapa, secó los hongos bajo los parámetros mencionados, realizó las gráficas de curvas de secado para cada tratamiento, obtuvo los valores de humedad de equilibrio y valores de humedad crítica. Posterior al secado, determinó la actividad de agua (a_w) para todos los tratamientos y obtuvo un valor menor de 0.6, en la cual no se presenta proliferación de bacterias, y en la tercera etapa realizó la evaluación sensorial de los hongos secos para los atributos ya mencionados.



Sedano (2014), en su tesis “Evaluación de la carga de bandeja y la velocidad del aire sobre el tiempo de deshidratación y aceptabilidad general de hongo comestible (*Suillus luteus A.*)”, evaluó la carga de bandeja y la velocidad del aire sobre el tiempo de deshidratación y aceptabilidad general de hongo comestible, las cargas de bandeja que utilizó son: 4 Kg/m² y 5 Kg/m² y las velocidades del aire: 1 m/s, 2 m/s y 3 m/s, obtuvo un hongo deshidratado con una humedad de 3,46 % adecuada para su conservación y comercialización, el rendimiento del proceso de deshidratación fue de 7,5 %. Después de la fase experimental concluyó que estos dos factores alteran el tiempo de deshidratación, siendo 4 Kg/m² la carga de bandeja más adecuada y 3 m/s la velocidad de aire más aceptable para disminuir el tiempo de deshidratación, consumiendo un total de 38,22 Kw-h en este tratamiento.

Flores y Valero (2011), en su tesis “Determinación de la cinética de deshidratado de la seta comestible (*Boletus edulis*) en dos tipos de secadores”, estudiaron diferentes condiciones de secado para la seta comestible a temperaturas de 40, 50 y 60°C, y con velocidades de aire de 1 y 1.5 m/s, utilizaron un secador de lecho fijo implementado con control adaptativo (Software Labview). Los resultados mostraron que a mayor temperatura y velocidad de aire, mayor es la velocidad del secado, siendo el mejor tratamiento a temperatura de 60°C y 1,5 m/s de velocidad de aire. Para complementar el estudio se construyó un secador solar indirecto que consta de una cámara de secado, un colector solar inclinado a 25 grados, respecto a la horizontal y dos ventiladores. Al comparar resultados finales entre ambos equipos, se obtuvo menor porcentaje de humedad en el secador de lecho fijo con 0.0053 Kg de H₂O respecto al secador solar indirecto con 0.0144 Kg de H₂O, ambos secadores conservaron las propiedades nutricionales de la seta.



Villagaray (2010), en su tesis “Evaluación del secado del hongo (*Boletus luteus*) en un secador tipo bandeja”, estudió la evaluación de los parámetros óptimo de secado: tiempo y temperatura, para ello se deshidrataron dos muestras de hongos en rodajas de 0,5 cm y 1,0 cm, las cuales se sometieron a temperaturas de secado 30 °C, 50°C y 70 °C a una velocidad de aire de 1,5 m/s, concluyó que el mejor tratamiento fue la muestra secada a 50 °C de temperatura con 0,5 cm de espesor en 7 horas 30 minutos, con un contenido de humedad de 11,99% bs, proteínas 10% bs, grasa 4,33% bs, fibra 10,30% bs, cenizas 5,98% bs y carbohidratos 57,40% bs.

2.2. HONGOS COMESTIBLES

2.2.1. Generalidades

En un inicio, los seres vivos fueron clasificados en dos reinos: el Reino Animal o Animalia y el Reino Vegetal o Plantae. A medida que se fue conociendo más sobre la estructura de los seres vivos, se vio la necesidad de ampliar el número de reinos. De esta manera se creó tres reinos más en la lista para lograr clasificar a los organismos vivos: el Reino Monera, el Reino Protista y el Reino Fungi. El Reino Fungi o Reino de Hongos, es un reino completamente autónomo y compuesto por un grupo de seres vivos que presentan una gran variedad de formas, colores, tamaños, y se encuentran ampliamente esparcidos en la naturaleza (Beltrán, 2005).

Actualmente se han descrito alrededor de 100,000 especies de hongos, pero se estima que puede existir un número total de 1.5 millones de especies. De este gran número sólo el 10% son conocidas, más de 2000 son comestibles y seguras y unas 700 poseen importancia farmacológica (Lull *et al.*, 2005; Godinez *et al.*, 2018).



Los hongos en general son un grupo diferente de organismos más vinculados con los animales que con las plantas, de reproducción asexual. Es erróneo y mal interpretado al referirse a los hongos como “plantas sin clorofila” (FAO, 2005; Boa, 2005). Son más cercanos al reino animal que al vegetal, ya que los dos son heterótrofos (se alimentan de compuestos orgánicos ya sintetizados por otros seres vivos) (Crespo, 1994). La quitina es el polímero principal de los hongos en sus paredes celulares, la misma que también forma parte del exoesqueleto de los artrópodos. Otra característica distintiva respecto al reino vegetal es que los hongos carecen de celulosa (Campos y Arregui, 2014).

Son organismos talofitas (carencia de clorofila), por tanto incapaces de auto elaborar compuestos orgánicos necesarios para sobrevivir, a pesar de que su gama cromática es muy amplia pero nunca verde, se han adaptado a todas las formas posibles de vida, tanto acuáticas como terrestres y por su carencia de pigmentos fotosintéticos han recurrido al simbiotismo, saprofitismo, o parasitismo (Crespo, 1994; Beltrán, 2005).

Por tanto, los hongos son un grupo particular de organismos heterótrofos, ya que necesitan de materia orgánica ajena para nutrirse y crecer (Gestión Ambiental de Navarra, 2011).

En la Tabla 1, se muestra las tres formas de vida que presentan los hongos en la naturaleza y su descripción.

Tabla 1

Las formas de vida de los hongos en la naturaleza

N°	Forma de vida	Descripción
1.	Hongos simbióticos (simbiotismo)	Están asociados con animales y plantas, las plantas superiores forman una verdadera unidad (unión micorriza) o entidad viviente con mutuo aprovechamiento en beneficio de los dos colaboradores que establecen contacto, el hongo obtiene nutrientes de la planta y la planta obtiene agua y defensa contra patógenos gracias a la asociación simbiótica.
2.	Hongos saprófitos (saprofitismo)	Crecen sobre la materia animal o vegetal muerta y ayudan a su descomposición natural, es tan abundante en la naturaleza, que en algunos casos provocan grandes trastornos pero muy beneficiosos, ya que al desintegrar la materia muerta, los productos resultantes son fácilmente asimilados por los animales microscópicos y las plantas.
3.	Hongos parásitos (parasitismo)	Logran conseguir sus nutrientes de animales o plantas vivas, desarrollándose sobre sus hojas, ramas, troncos o incluso en los tejidos internos, provocando enfermedades y a veces causan la muerte del ser vivo.

Fuente: Beltrán (2005); Ágreda (2006).

Los hongos se relacionan con numerosos organismos del ecosistema directa o indirectamente. Los hongos saprótrofos al alimentarse de los restos del bosque, resultan imprescindibles para evitar la acumulación de residuos orgánicos, descomponen la materia orgánica muerta y la devuelven reciclada. Los bosques tal como los conocemos no existirían sin la asociación de nuestros árboles y arbustos a hongos micorrícicos. Además, los hongos parásitos, en un bosque sano, favorecen la selección natural al eliminar los ejemplares más débiles y enfermos (Gómez y Chung, 2005; Campos y Arregui, 2014).

La presencia o no de hongos y el porcentaje entre parásitos, saprótrofos y micorrícicos (simbióticos) nos permite conocer la salud de un bosque. En casos de contaminación, el análisis de los tejidos de las fructificaciones de los hongos permite comprobar la cantidad de metales pesados y otros tipos de contaminantes existentes en el suelo (Campos y Arregui, 2014).

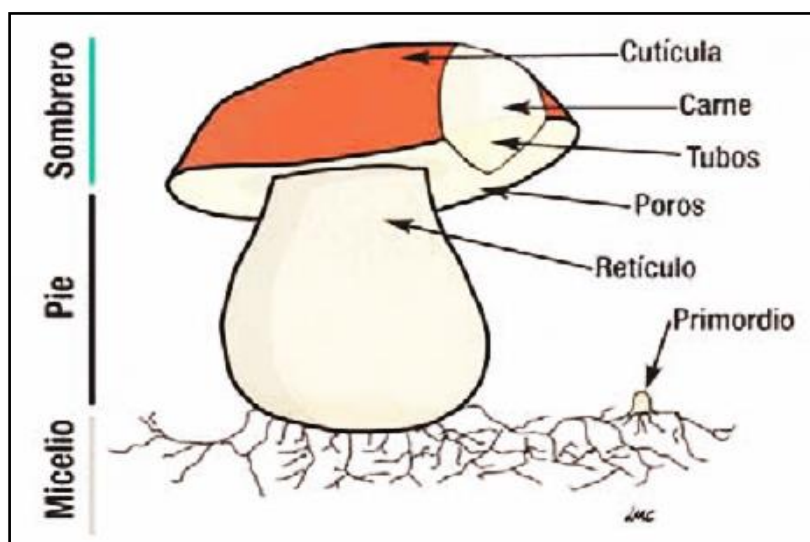
2.2.2. Morfología de los hongos comestibles

Los hongos micorrizogenos o micorrícicos establecen una relación de cooperación mutua con las raíces de las plantas; el hongo proporciona agua y nutrientes minerales y la planta a cambio suministra carbohidratos (Gestión Ambiental de Navarra, 2011).

En la Figura 1, se muestra las partes del hongo comestible y en la Tabla 2, se muestra su descripción.

Figura 1

Partes de los hongos comestibles



Fuente: Campos y Arregui (2014).

Tabla 2

Descripción de las partes del hongo comestible

Partes del hongo	Descripción
Sombrero	Parte fundamental del hongo, sus medidas varían desde unos pocos milímetros en algunas especies, y otros pudiendo llegar a los 30cm. Su forma es muy variada y en estado joven acostumbra a estar plegado alrededor del pie. En algunas especies cambia de forma.
Cutícula	Piel que cubre el sombrero del hongo y presentar diversos aspectos como arrugas, grietas o cubierto por escamas y en realidad se trata de restos del velo general que lo cubría en estado joven.
Himenóforo (Himenio)	Parte reproductora del hongo. Compuesto por un tejido muy fino y que en realidad es un conjunto de elementos fértiles reproductores de esporas. Presenta una estructura laminar, arrugas, venosidades con tubos como el género <i>Boletus</i> , <i>Suillus</i> , etc.
Pie	Parte del hongo que sostiene al sombrero de forma cilíndrica. Posee un conjunto de detalles importantes para su identificación de especie, como la forma, facilidad de separación, ornamentación, su colocación respecto al sombrero, su interior (macizo o hueco) y consistencia.
Anillo	Algunos hongos presentan anillo, es en realidad el resto del velo parcial encargado de proteger el himenio del hongo joven, que al no haberse desprendido del todo, queda unido alrededor del pie.
Volva	Son restos del velo general, sucede cuando el velo general que cubre a la mayoría de las especies se rompe para dejar pasar el sombrero, suele suceder dos cosas: que desaparezca de manera natural o que queden restos al pie. Estos restos en forma de saco o funda que envuelven la base del pie del hongo se llama volva.
Micelio	Conjunto de hifas (filamentos microscópicos), muy ramificados en todas las direcciones. Su misión es tomar del suelo los diversos compuestos orgánicos para alimentarse. En ocasiones pueden parecer falsas raíces. Generalmente es de color blanco.

Fuente: Barahona (2008); Beltrán (2005).

Lo comestible del hongo es la parte visible, pero hay otras que son venenosas, por ello se realiza una diferencia entre los hongos comestibles y las no comestibles (venenosos), para no llegarlos a confundir (Crespo, 1994). Las diferencias entre hongos comestibles y no comestibles se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Diferencia entre hongos comestibles y no comestibles (venenosos)

Nº	Hongos comestibles	Hongos venenosos
1	De color blanco a excepción del género <i>Suillus</i> , generalmente no presentan anillo ni himenio laminar.	De color vivo, amarillo, rojo y azulado, al ser cortados cambian de color.
2	Se desecan en el medio ambiente sin entraren descomposición.	Entran en putrefacción cuando se secan.
3	No escapa líquido alguno cuando se cortan.	Al ser cortado dejan escapar un líquido blanco, lechoso.
4	Generalmente se crían en campos laderas de montes y bosques.	Se desarrollan en lugares sombríos, húmedos y pantanos.

Fuente: Crespo (1994).

2.2.3. Características propias del *Suillus luteus*

Presenta un sombrero carnoso de 60-120 mm de diámetro, hemisférico de joven, luego plano convexo, finalmente plano, a veces ligeramente mamelonado, liso, muy viscoso en tiempo húmedo, de color pardo amarillento a pardo oscuro, con el margen enrollado de joven, luego plano. Poros muy pequeños, de color amarillo a amarillo citrino, pardo oliváceos en la madurez. Pie de 40-80 x 10-25 mm, blanco, amarilleando en la madurez, cubierto de granulaciones de color amarillento a pardo, sobre todo por encima del anillo, que es membranoso, un poco viscoso, de color blanquecino en la parte superior, blanco con reflejos pardo

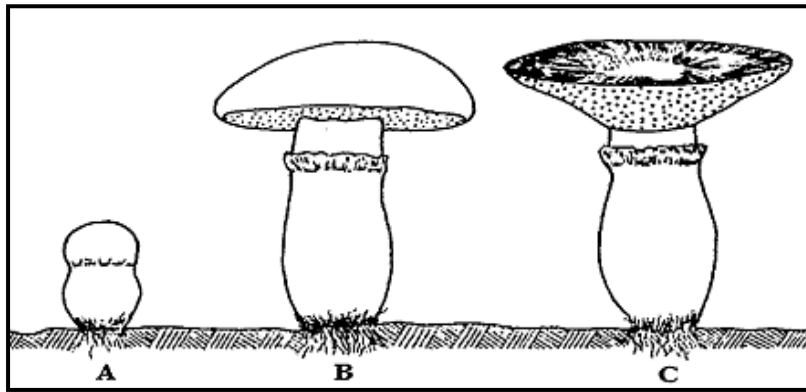
violáceos en la inferior. Carne espesa, blanca a algo amarillenta, pardo violácea en la base del pie, con olor y sabor agradables (Campos y Arregui, 2014).

En la Figura 2, se muestra el esquema del desarrollo del cuerpo frutal del *Suillus luteus* (A: primordio; B: adulto y C: senescente) y en la Figura 3, se muestra un bosque de pinos (*Pinus radiata*).

Figura 2

Esquema del desarrollo del cuerpo frutal del hongo comestible (*Suillus luteus*)

(A: primordio; B: adulto; C: senescente)



Fuente: Donoso (1989).

Figura 3

Bosque de pinos (*Pinus radiata*)



Fuente: Elaboración propia.

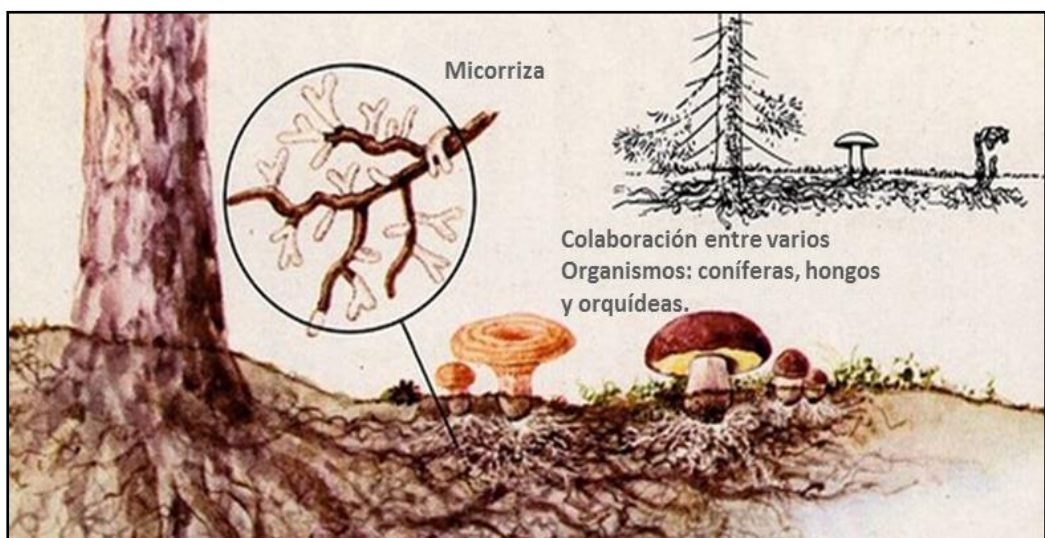
Este hongo tiene el nombre botánico de *Suillus luteus*, también es conocido como *Boletus* (por el género botánico en que era clasificado hace algunos años) y vulgarmente se lo conoce en nuestra región como “hongo del pino”. Este último hace referencia a que fructifica únicamente en plantaciones de pinos, nunca en un bosque nativo (De Michelis y Rajchenberg, 2006).

Las micorrizas funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes como el nitrógeno y fósforo, y proteger las raíces del pino contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe del pino azúcares y carbohidratos provenientes de la fotosíntesis (Gómez y Chung, 2005).

En la Figura 4, se muestra la ilustración del proceso de simbiosis generado entre el hongo comestible y la raíz del pino.

Figura 4

Proceso de simbiosis hongo – raíz



Fuente: Hifas da Terra (2009).



Respecto a la clasificación taxonómica del hongo comestible *Suillus luteus* (L.) Gray 1821 propone la siguiente clasificación (Encyclopedia of life, 2009):

Reino : Fungi
División : Basidiomycota
Clase : Homobasidiomycetes
Orden : Boletales.
Familia : Suillaceae
Género : *Suillus*
Especie : *luteus*

2.2.4. Valor nutricional del *Suillus luteus*

El hongo comestible (*Suillus luteus*) es un alimento exótico, con alto valor nutritivo y comercial, a nivel mundial es muy conocido y apreciado por la gran cantidad de vitaminas y minerales, fuente de potasio, fósforo y alto contenido de selenio (actúa como antioxidante), es un alimento sano, con bajas calorías y menor presencia posible de colesterol (MINAGRI, 2017). Son ricos en proteínas, de 20 a 35 % de proteína (peso seco), tiene bajos niveles de lípidos y contiene los nueve aminoácidos esenciales (Kalac, 2013). El mes con mayor producción de hongos comestibles es en febrero (Fabián, 2012).

Es necesario destacar que los carpóforos comestibles son ricas en ciertas vitaminas necesarias para el desarrollo del ser humano, ya que contiene tiamina (B1), piridoxina (B6), riboflavina (B12), ácido pantoteico, ácido nicotínico, ácido fólico, ácido ascórbico (Vitamina C), biotina (Vitamina H), ergosterina (provitamina D2) (Vedder, 1986). Es una especie comestible, de inferior calidad

al (*Boletus edulis*), ya que para su consumo se debe quitar los poros, la cutícula y comerlos con moderación porque son laxantes (Campos y Arregui, 2014).

En la actualidad el hongo comestible se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales. Contiene vitaminas como el niacina, tiamina (vitamina B1), vitamina B12 y la vitamina C o ácido ascórbico. Además, se le han detectado minerales como el potasio, fósforo, calcio, entre otros (Gaytán *et al.*, 2002).

La composición fisicoquímica del hongo comestible (*Suillus luteus*) en base fresca, se muestran en la Tabla 4 y la composición fisicoquímica del hongo comestible (*Suillus luteus*) en base seca, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 4

Composición fisicoquímica del hongo comestible (Suillus luteus) en base fresca

Componentes	Base fresca (%)		
	Pampallacta - Cusco	Tingo Paccha - Jauja	Quito - Ecuador
Humedad	75.9	89.00	85-95
Proteínas	4	1.10	3.20
Carbohidratos	17.8	6.28	5.60
Grasas	0.2	0.47	0.30
Cenizas	2.1	0.65	-
Energía	89 Kcal	-	38 Kcal
Fibra cruda	-	1.13	1.0

Fuente: Velasco y Ponce de León, 2019; Villagaray, 2010; Fierro, 2013.

Tabla 5*Composición fisicoquímica del hongo comestible (Suillus luteus) en base seca*

Componentes	Base seca (%)		
	Pampallacta – Cusco	Tingo Paccha - Jauja	Yunguyo - Puno
Humedad	17.57	11.99	7.75
Proteínas	19.8	10	24
Carbohidratos	52.80	57.40	57.74
Grasas	2.89	4.33	4.17
Cenizas	6.94	5.98	6.36
Energía	316.41 Kcal	-	364.45 Kcal
Fibra cruda	-	10.30	12.12

Fuente: Velasco & Ponce de Leon, 2019; Villagaray, 2010; PEBLT, 2022.

2.2.5. Importancia de los hongos comestibles

En el Perú el cultivo de hongos comestibles se inició en el año 1995 con la producción de champiñones (*Agaricus bisporus*) y posteriormente en Ayacucho y Trujillo los pobladores y agricultores de esas localidades iniciaron de manera artesanal el cultivo de hongos comestibles, entre ellos el (*Pleurotus ostreatus*) llamado hongo ostra. (Gonzales, 2010).

Su consumo se viene incrementando en países como: Alemania, Estados Unidos y Francia, sobre todo en forma de alimento deshidratado, cotizado a un precio elevado por ser un alimento exótico, de alto valor nutritivo y funcional. Su uso generalmente es para aderezos, sopas y otros platillos, siendo más agradables por su aroma delicado (TRADE MAP, 2021).

Existe una gran demanda por los productos orgánicos que posean propiedades nutricionales que mejoran la calidad de vida del consumidor, por



ello en el Perú se está realizando una fuerte campaña de producción de hongos comestibles en las localidades alto andinas de Lambayeque y Ayacucho, esta primera con mayor y mejor producción (Gonzales, 2010).

En los países en desarrollo, los beneficios económicos generados por los hongos silvestres comestibles son una fuente muy importante de ingresos económicos para las comunidades rurales que las recolectan (FAO, 2005; Boa, 2005).

Los usos e importancias del hongo comestible (*Suillus luteus*), se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Usos e importancias de los hongos comestibles

N°	Categorías	Descripción
1	Uso alimentario	El cultivo, la recolección y la comercialización de las setas suponen cada vez más un capítulo importante para el desarrollo económico de algunas zonas.
2	Uso medicinal	Existe una tradición milenaria de empleo de hongos medicinales en las culturas asiáticas. En la actualidad, la industria farmacéutica investiga y emplea numerosas sustancias procedentes de los hongos.
3	Uso agrícola	Al utilizar los hongos como agentes de biocontrol. Frente a algunas plagas de la agricultura ya existen muchos productos comerciales a partir de hongos para combatir insectos, micoinsecticidas, frente a plantas, micoherbicidas o, incluso, para frenar a otros hongos dañinos para la agricultura, como micofungicidas.
4	Importancia económica	La recolección y el cultivo de hongos comestibles, así como la creación de rutas micológicas que impulsen el turismo pueden ser un factor de desarrollo en zonas abatidas económicamente.
5	Importancia científica	Existen diversas líneas de investigación, de las que están surgiendo nuevas aplicaciones como la llamada biorremediación, para resolver problemas muy graves ayudando a eliminar compuestos por degradación; por ejemplo el petróleo y sus derivados.

Fuente: Campos y Arregui (2014).

2.2.6. Métodos de conservación de hongos comestibles

Existen muchos métodos de conservación en alimentos, los más empleados en la conservación de hongos comestibles se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Principales métodos de conservación de los hongos comestibles

N°	Métodos de conservación	Descripción
1	En fresco (refrigeración)	Se aplica una solución de ácido crítico (por aspersión), luego se enfría hasta llegar a 4°C aproximadamente, luego se envasa en bandejas de PET, cubierto con una película transparente de resinite (film).
2	Por congelado (congelación)	El producto se mantiene en excelentes condiciones, pero tan pronto como es sacado a la temperatura ambiente, se desintegra y se transforma en una masa pulposa.
3	Por liofilización	Es el método ideal, se basa en la eliminación del agua contenida en la seta a muy baja temperatura y en vacío. La seta liofilizada queda intacta, pero muy frágil, siendo necesario guardarla en recipientes adecuados. Los inconvenientes de este método son la lentitud del proceso y el alto costo del liofilizador.
4	Por secado o deshidratado	Es el método más utilizado. Se basa en la eliminación del agua contenida en la seta. Los métodos varían desde el secado al sol, en estufa, en corrientes de aire caliente, etc.
5	Por esterilización	Si no se desea eliminar el agua, se puede conservar el producto esterilizándolo con radiación. Para este fin se utilizan los rayos gamma o rayos X. Luego, las setas se almacenan en cámaras o recipientes completamente estériles. El mayor problema de este método es su alto costo.
6	En conservas seguras	En un medio líquido con ácido láctico, en ácido acético, en alcohol, en agua, en escabeche, en aceite, en pickles o encurtido, en chutneys, etc. En general, estos medios conservan bien la forma y tamaño de la seta, pero en algunos hacen que pierda su color.

Fuente: Campos y Arregui (2014); Beltrán (2005).



2.3. FACTORES DE ESTUDIO DURANTE EL DESHIDRATADO

2.3.1. Espesor de corte

El grosor y la forma de un producto, es un factor que puede alterar el proceso de deshidratación, teniendo en cuenta que las piezas más pequeñas son las que más rápidos se secan (Sedano, 2014). La longitud de corte de una muestra en el proceso de deshidratado define si el producto resultante presentará buena textura, buen color y olor característico del producto (Villagaray, 2010).

Por otra parte, el espesor de una muestra, es la dimensión que toma el producto antes de pasar al proceso de deshidratado. Generalmente se utilizan como magnitud escalar a los centímetros, siendo las medidas evaluadas de 0,5cm y 1,00cm (Benito, 2019). El corte realizado a elementos como los cárnicos o vegetales, lo realizamos con unas proyecciones específicas de acuerdo a su uso, además facilita y reduce su tiempo de deshidratado (Lara, 2018).

Además, cuanto mayor es el espesor del material, menor es el contenido de humedad inicial y la temperatura del bulbo seco inicial, por lo tanto las ventajas de las velocidades altas de aire disminuyen (Barbosa, 2000).

2.3.2. Velocidad de aire caliente

Dentro de un secador, la velocidad del aire caliente tiene la función principal de transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material y facilitando su evaporación, y en segundo lugar, tiene la función de transportar la humedad saliente del material. (Espinoza, 2000).

En las primeras etapas del secado, la velocidad del aire caliente desempeña un papel muy importante, más aun cuando el producto contiene un alto



contenido de humedad. Por tal razón, a mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor será el tiempo de secado y viceversa; si la velocidad del aire caliente disminuye, la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta. Por ello, para asegurar un secado rápido y uniforme es necesario una circulación del aire fuerte y regular (Espinoza, 2000; Villagaray, 2010). La velocidad de aire afecta poco a la velocidad de deshidratado y fuertemente a la cantidad de agua contenida en el alimento (Wang y Brennan, 1992).

Por lo tanto, la capa límite que existe entre el producto a secar y el aire juega un papel importante durante el secado. Cuando menor sea el espesor de esta capa límite, más rápida será la remoción de humedad. La forma de la corriente del aire es muy importante para la velocidad, una corriente turbulenta es mucho más eficaz que una laminar, ya que la primera afecta en mayor forma la capa límite (Espinoza, 2000).

En la práctica en general, la velocidad del aire se considera entre 1 a 3 m/s. se utilizan velocidades mayores a 3 m/s sólo en casos excepcionales (en materiales muy húmedos). En algunos casos, se recomienda utilizar velocidades de secado altas al inicio del proceso de secado, luego a medida que disminuye la humedad se sugiere reducir la velocidad del aire, lo anterior es posible si se cuenta con ventiladores de velocidad de aire variables (Barbosa, 2000).

2.3.3. Pérdida de peso

En general se, observa un incremento en la pérdida de peso y ganancia de sólidos solubles, conforme va aumentando la concentración y temperatura durante el deshidratado (Parra, 2020).



El aumento de la temperatura beneficia el aumento en la pérdida de peso y agua, posiblemente por el mismo efecto de la concentración, que está relacionada a permitir una mayor permeabilidad celular por la desnaturalización de las membranas; con mayor estimulación del movimiento celular del tejido (Arias *et. al.*, 2017).

2.3.4. Temperatura en el deshidratado

Desempeña un papel importante en el proceso de secado. A medida que el valor de la temperatura del producto se incrementa, se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica del secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso (De Michelis y Ohaco, 2015). Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, mayor será la velocidad de transmisión de calor (Flores y Valero, 2011).

Existen diversos niveles de temperaturas constantes durante el proceso de deshidratado, como la temperatura de bulbo seco: es la del ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como un termómetro de mercurio, la temperatura superficial: es la de la especie a secar, generalmente se mide por medio de un sensor infrarrojo y la temperatura de bulbo húmedo: es la temperatura de equilibrio dinámico obtenida por una superficie de agua cuando la velocidad de transferencia de calor por convección, a la misma, es igual a la transferencia de masa que se aleja de la superficie (Villagaray, 2010).

Durante el proceso de secado, se suscita un gradiente de temperatura con respecto al espesor de la materia prima, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad (Guerrero y Núñez. 1991).



La temperatura óptima de secado es en función de cada materia prima, sin embargo se puede indicar que la temperatura para el secado nunca debe exceder los 60°C, ya que a temperatura más alta comienza los procesos de cocción (De Michelis y Ohaco, 2015).

2.3.5. Humedad en el deshidratado

El aire seco tiene el poder de absorber y retener humedad. En cuanto al agua perdida, el mayor porcentaje se elimina en un tiempo relativamente corto pero cuesta mucho más eliminar la humedad restante (Wang y Brennan, 1992).

Por otra parte, la humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa (Villagaray, 2010).

Además, cuando se dice que el aire contiene su máxima capacidad, quiere decir que se trata de un aire completamente saturado, que tiene la posibilidad de absorber una cantidad determinada de humedad hasta lograr su saturación (Fellows, 2005).

Hay dos formas de medir la humedad final. La mejor es contar con aparatos electrónicos que indican la humedad en forma digital, de forma rápida y sencilla. Estos aparatos son caros y difícilmente estén al alcance del usuario para deshidratación hogareña o comercial de pequeña escala. El otro método posible es controlar por pesada (De Michelis y Ohaco, 2015).



2.4. CONSIDERACIONES PARA EL PROCESO DE DESHIDRATADO

2.4.1. Generalidades del deshidratado

El propósito principal de la deshidratación de alimentos es reducir el contenido de humedad de un producto hasta niveles en los cuales la cantidad de agua libre sea lo suficientemente baja como para no participar en reacciones deterioradoras o ser utilizada por microorganismos. Ya sea por convección, conducción y/o radiación, luego el calor se transfiere por conducción o radiación desde la superficie hacia el interior del producto (Geankoplis, 1998; Beltrán, 2005).

La transferencia de calor aporta la energía necesaria (principalmente calor latente de vaporización) para transformar el agua del producto en vapor. Como consecuencia, existe una transferencia de masa (agua) desde el interior hacia la superficie del producto por diferentes mecanismos, difusión de vapor, difusión del líquido, capilaridad; y finalmente una transferencia de masa externa desde la superficie hacia el medio circundante, que ocurre principalmente por convección másica y difusión (Beltrán, 2005).

La finalidad del deshidratado y/o secado es reducir el contenido de humedad hasta un nivel razonablemente bajo, inmediatamente después de su recolección, para prevenir el desarrollo de hongos y también para detener la acción bacteriana (Hawlander *et al.*, 1991). Además, se consigue un incremento de las posibilidades de conservación y una gran reducción del peso hasta la quinta parte cuando se trata de raíces o tubérculos y hasta quince veces menor en frutas y vegetales de hoja (Casp y Abril, 1999). Un proceso que puede ser aplicado a todo



tipo de alimentos, desde vegetales y hortalizas hasta carnes y pescados, también las frutas, especias, hierbas aromáticas, etc. (Geankoplis, 1998).

Uno de los métodos de secado más antiguos es el secado solar. La selección de un método de secado en particular está en función de la materia prima y sus propiedades, forma física deseada y características del producto, condiciones y costes de producción requeridos, etc. El método más empleado para la deshidratación de productos hortofrutícolas es la evaporación superficial por convección forzada de aire caliente en túneles o cabinas de secado. Sin embargo, el secado de frutas y hortalizas por exposición directa a la radiación solar presenta algunos inconvenientes, fundamentalmente derivados de las inclemencias atmosféricas y de las contaminaciones por polvo e insectos (Catalá *et al.*, 1988).

La eliminación de agua presenta dos problemas importantes, por una parte, el riesgo de alteración de la calidad nutricional y sobre todo organoléptica del producto tratado y por otra, un consumo notable de energía. La falta de selectividad de la eliminación de agua puede permitir pérdidas de aromas, más volátiles que el agua, sobre todo si se realiza al vacío (Casp y Abril, 1999).

La deshidratación puede afectar a la estructura de los tejidos celulares, modificando las propiedades físico-químicas del producto, siendo la temperatura de secado un factor determinante (Simal *et al.*, 2000).

La deshidratación de un alimento consta de dos procesos simultáneos, la transferencia de calor hacia el producto y la transferencia de materia desde el producto. La velocidad y el tiempo total de secado están influidos por cuatro



factores principales como: propiedades del producto, especialmente tamaño; su ordenación geométrica en relación con el medio de transferencia; las propiedades físicas del medio de secado y las características del equipo de secado (Sanjuán, 1998).

2.4.2. Proceso de deshidratado

El deshidratado y/o secado es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales así como ciertas reacciones químicas. En general es la separación de líquidos volátiles, casi siempre agua de los materiales sólidos (Barbosa y Vega, 2000).

En los procesos de deshidratado y/o secado los datos suelen expresarse como la variación que experimenta el peso del producto que se está secando con el tiempo. Aunque a veces, los datos pueden expresarse en términos de velocidad de secado. El contenido de humedad del producto se define como la relación de cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos y se expresa de la siguiente manera (Geankoplis, 1998):

$$X_t = (w_t - F_s) / F_s \quad \text{Ecuación (1).}$$

Dónde: w_t es el peso total del material en un tiempo determinado, siendo F_s el peso de los sólidos secos, X_t es la humedad expresada en peso de agua/peso de sólido seco.

Los parámetros que rigen el proceso de secado de un producto se muestran en la Tabla 8, de la siguiente manera.

Tabla 8

Parámetros que rigen el proceso de secado

N°	Parámetros	Descripción
1	Humedad inicial	El contenido de humedad de un sólido o solución generalmente se describe en función del porcentaje en peso de humedad; a menos que se indique otra cosa, se sobreentiende que está expresado en base húmeda, es decir, como (kg agua/kg sólido húmedo) $100 = [\text{kg humedad} / (\text{kg sólido seco} + \text{kg humedad})]$; $100 = X / (100 + X)$.
2	Humedad de equilibrio	Después de haber expuesto el sólido un tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio, llega un momento en que dicho sólido tiene un contenido de humedad definido. Este valor se conoce como contenido de humedad de equilibrio del material en las condiciones especificadas de humedad y temperatura del aire.
3	Humedad libre	La humedad libre es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio con el aire en las condiciones dadas.
4	Humedad Crítica	Es el punto en el que termina la intensidad constante y reduce la intensidad de desecación.
5	Temperatura de bulbo seco	Es aquella temperatura que se mide con un termómetro común.
6	Temperatura de bulbo húmedo	Es la temperatura que resulta de la evaporación del agua en una gasa húmeda colocada sobre el bulbo de un termómetro común. La temperatura de bulbo húmedo siempre será inferior a la temperatura de bulbo seco. La evaporación hace disminuir la temperatura del agua, mientras que el aire se acerca más a las condiciones de saturación.
7	Temperatura máxima	Es la temperatura que soporta el producto sin cambiar sus propiedades, está en función a la madurez, humedad y tipo de producto.

Fuente: Perry Chilton (1981); Geankoplis (1998); Ibarz *et al.* (2005).

2.4.3. Curvas de velocidad de secado

En el secado de un sólido húmedo con el aire caliente, el aire aporta al producto tanto calor sensible como calor latente de evaporación, y actúa como acarreador de la humedad que se está evaporando del sólido. Cuando se coloca un producto sólido húmedo en contacto con una corriente de aire caliente y se mantienen constantes la temperatura, humedad, velocidad y dirección del flujo sobre el sólido de dicha corriente de aire, se logrará deshidratar el sólido (Moreno, 2020).

Si el cambio en el contenido de humedad del producto (expresado en base seca) se va registrando a intervalos pequeños de tiempo durante todo el proceso de deshidratación, puede obtenerse de un experimento de secado por lotes, generalmente se expresan como peso total W del sólido húmedo (sólido seco más humedad) a diferentes tiempos (horas) en el periodo de secado. Estos valores se pueden convertir a datos de velocidad de secado por los siguientes procedimientos (Flores y Valero, 2011; Moreno, 2020):

Después de haber establecido las condiciones de secado constante, en la Ecuación (1), se determina el contenido de humedad total de equilibrio, X^* (Kg. Humedad de equilibrio/Kg de sólido seco). Con él se procede a calcular el valor del contenido de humedad libre X (Kg de agua libre/Kg de sólido seco), para cada valor de X_t .

$$X = X_t - X^* \quad \text{Ecuación (2).}$$

Usando los datos calculados en la ecuación anterior, se traza una gráfica del contenido de humedad libre X en función del tiempo t , como se muestra en la

Figura 5, para obtener una curva de velocidad de secado a partir de esta gráfica.

Se calcula entonces la velocidad W para cada punto con la expresión:

$$W = -\frac{L_s}{A} \left(\frac{dX}{dt} \right) \quad \text{Ecuación (3).}$$

Dónde:

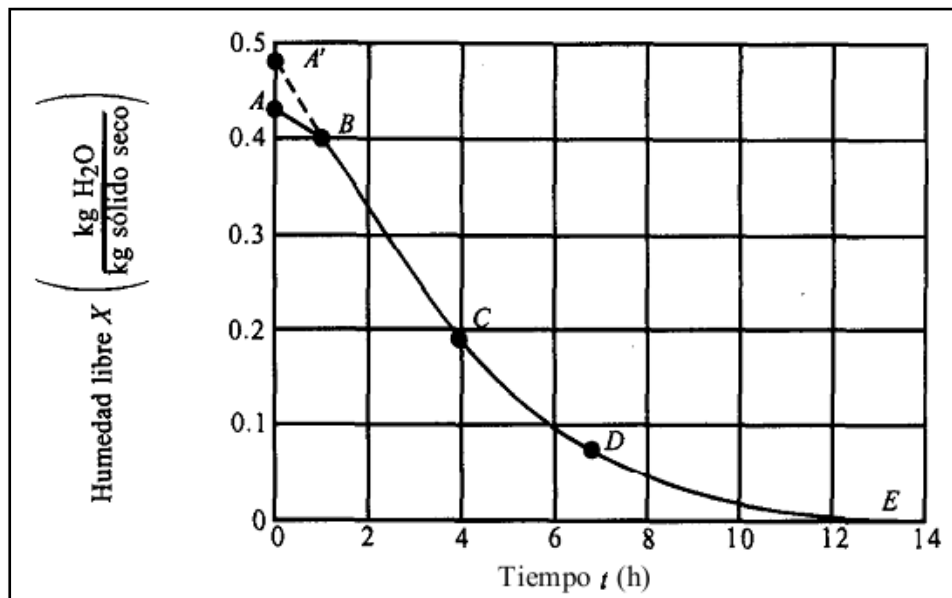
W : Velocidad de secado en Kg H₂O / h.m²

L_s : Peso de sólido seco en Kg.

A : Área superficial expuesta al secado en m².

Figura 5

Curva típica de velocidad de secado constante

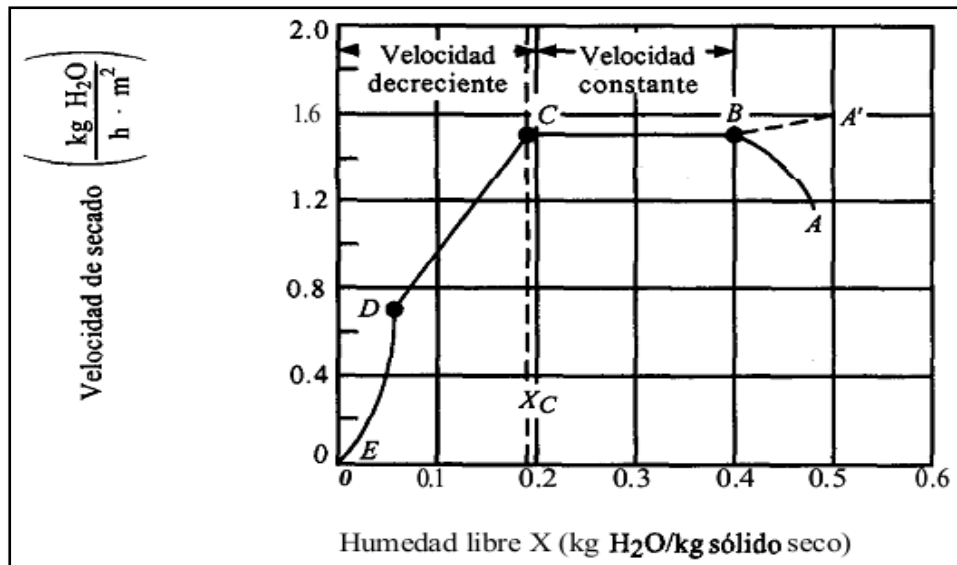


Fuente: Geankoplis (2006).

Por consiguiente la curva de velocidad de secado se obtiene graficando W en función del contenido de humedad X , tal como se aprecia en la Figura 6.

Figura 6

Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre



Fuente: Geankoplis (2006).

2.4.4. Etapas de la velocidad de secado

Etapa A-B: etapa de estabilización, donde la superficie del sólido se equilibra con el aire de secado y alcanza su temperatura de evaporación.

Etapa B-C: llamada etapa de velocidad constante, donde la fuerza motriz que determina el movimiento de vapor durante esta etapa es el gradiente de la presión de vapor de agua de la superficie del producto y la del aire empleado para la deshidratación, que expresado en términos de humedad, equivale al gradiente entre la humedad de la superficie del producto y la humedad del aire.

Etapa C-D y D-E: son etapas donde muchas veces no se distinguen entre sí, se les consideraba como una sola etapa, llamada etapa de velocidad decreciente. Conforme avanza la deshidratación se alcanza un punto en el que la velocidad del movimiento de la humedad desde el interior del producto hasta la superficie se reduce en grado tal, que la superficie del producto comienza a

reseca. Lo que se elimina en esta etapa es agua débilmente ligada, el proceso es cada vez más lento y depende del movimiento de la humedad dentro del sólido (capilaridad o difusión).

En la Tabla 9, se muestran los factores principales que afectan a la velocidad de secado de un producto.

Tabla 9

Factores que afectan a la velocidad de secado

N°	Factores	Descripción
1	Superficie del producto	La subdivisión acelera el secado del alimento, ya que a mayor área proporcionada más superficie ingresa en contacto con el medio de calentamiento.
2	Velocidad del aire	El aire en movimiento absorbe el vapor de agua de la superficie del alimento, previniendo así la creación de atmósfera saturada. La velocidad del aire actúa aumentando los coeficientes globales de transferencia de materia y de calor, al disminuir el espesor de la capa límite, disminuyendo el tiempo de deshidratado de los alimentos.
3	Temperatura	Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio de calentamiento y el alimento, mayor será la velocidad de transmisión de calor.
4	Humedad del aire	El aire seco tiene el poder de absorber y retener la humedad. En muchos productos la velocidad de secado al principio es constante y posteriormente decrece, aun a velocidades distintas. Respecto al agua perdida, el mayor porcentaje se elimina en un tiempo relativamente corto pero es más difícil eliminar la humedad restante. La velocidad de aire afecta poco a la velocidad de deshidratado y la cantidad de agua ligada fuertemente en el alimento. Cuando más seco esté, mayor será la velocidad del proceso de secado

Fuente: Guerrero y Núñez (1991).

2.4.5. Cambios físicos durante la deshidratación

El encogimiento es uno de los cambios, el cual ocasiona que el volumen del producto disminuya debido a que el agua es evaporada, produciendo que la estructura superficial durante el deshidratado y/o secado se deforme fácilmente provocando huecos, mientras que la parte interna tiene pocas rupturas, donde la difusividad es reducida debido a que el agua restante está ligada por puentes de hidrogeno. Por lo tanto se espera que la micro estructura de los poros y la porosidad en sí, jueguen un papel importante en el mecanismo de rehidratación (capilaridad, absorción, difusión) (Mishkin *et al.*, 1984).

Siempre que se seca un tejido vegetal, disminuye significativamente su volumen. Esta reducción es importante mientras se seque más lento. Este fenómeno no solo es estético sino que tiene que ver con la capacidad de rehidratación (capacidad de absorber agua), cuanto mayor es el encogimiento menos agua podrá absorber (De Michelis y Ohaco, 2015).

El pardeamiento es otro de los cambios, durante el procesado y almacenamiento de los alimentos se producen cambios que afectan a su aspecto, olor, sabor, etc. La mayor parte de estos cambios conllevan a un efecto de pardeamiento, producido por el desarrollo de unos pigmentos, consecuencia de reacciones enzimáticas y no enzimáticas. Esto se refleja en un amplio rango de colores, incluso en un mismo producto. Estos cambios están íntimamente ligados a la degradación de vitaminas y otros nutrientes (Mishkin *et al.*, 1984).

Se consideran cambios de color indeseables. Si la materia prima no se trata convenientemente, aparecen colores marrones a negros que generan un problema



estético y también de cambios de sabor y disminución de nutrientes (De Michelis y Ohaco, 2015).

El tamaño de la muestra es importante en la calidad final del producto. Las rebanadas pequeñas tienden a oscurecerse fácilmente y adherirse a las bandejas del secador. Cuando el pardeamiento ha tenido lugar, es difícil identificar si el mecanismo ha sido enzimático o no enzimático (Flores y Valero, 2011).

El pardeamiento enzimático, es debido principalmente a la oxidación de grandes cantidades compuestos fenólicos, catalizada por la enzima llamada polifenoloxidasas, los más importantes son las catequinas, ésteres del ácido cinámico, 3,4-hidroxifenilalanina y tirosina (Flores y Valero, 2011). El compuesto fenólico con un solo hidroxilo se oxida en presencia de O_2 y de polifenoloxidasas para dar un compuesto dihidroxilado, este oxida nuevamente para dar un derivado de quinona y otros (Sapers, 1993).

Se vienen empleando diversos métodos para prevenir el pardeamiento enzimático, tales como tratamientos térmicos, técnicas de sulfitado, adición de acidificantes y eliminación de oxígeno en la atmósfera de envasado (Haard, 1998).

El pardeamiento no enzimático está asociado a los productos coloreados, la cual se producen por reacciones múltiples, y se clasifican de la siguiente manera: Reacciones de Maillard y Reacciones de caramelización (Wedzicha, 1987).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación experimental se desarrolló en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional del Altiplano, del Departamento de Puno, Provincia y Distrito de Puno, ubicado a 3825 m.s.n.m., dichos laboratorios son:

- Laboratorio de Ingeniería de Alimentos.
- Laboratorio de Pos Cosecha.

3.2. MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada fue el hongo comestible (*Suillus luteus*), que crece en simbiosis con el pino radiata a una altitud de 3827 m.s.n.m. en la Asociación de Productores Ecológicos Yunguyo mío del valle de Laje del Distrito de Unicachi, Provincia de Yunguyo, Departamento de Puno, en coordinación con el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca - PEBLT. Fueron recolectadas según las siguientes características: diámetro del sombrero entre 10 - 12 cm, de color café amarillento, con cubierta mucilaginoso, corte de tallo a una altura de 1 a 2 cm.

3.3. MATERIALES DE LABORATORIO Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales de laboratorio

Para la realización del presente estudio se requirieron los siguientes materiales:



- Bisturí, marca LEVEL, acero de carbono, #23, Germany Stainless.
- Bolsas transparentes de PEAD (polietileno de alta densidad), 100x150mm.
- Cámara fotográfica digital, marca LG K40S, resolución 13 MP + W5MP.
- Campana de desecación, Vidrio PIREX.
- Cuchillo acero inoxidable, marca OPINEL, 33g de peso, Savoie France.
- Equipos de Protección Personal (guantes de látex, barbijo desechable, gorra y mandil de tela blanca), 1 conjunto, EPIAI -UNA Puno.
- Selladora de bolsas plásticas, marca KENBRO, modelo PFS-450, franja 450x10mm, regulable (0-9seg).
- Termómetro de vidrio, marca AMARELL (Alemana), rango -10/+150°C, longitud total 280mm.
- Termómetro de vidrio graduado, marca LAUKA, escala de -20 a 150°C, inmersión parcial, 300mm de longitud.
- Vernier caliper de acero inoxidable, marca UYUSTOOLS professional, 150 x 0,02 mm / 6" x 1/1000" auto, USA.

3.3.2. Equipos

Para la realización del presente estudio se requirieron los siguientes equipos:

- Balanza digital, marca GRAMARA, modelo SF-400A, funciones automáticas, pila AA, 1g a 10kg.
- Balanza digital gramera, marca AMIR, modelo KA8-AM-AMUS, capacidad 500g X 0.01g.
- Mesa de superficie lisa.



- Refrigeradora, marca HOST, MKv 3910, cap. 360L, 600x615x1840mm, fijado en +5°C.
- Secador de lecho fijo con flujo de aire caliente, capacidad 200g, EPIAI - UNA Puno.

3.3.3. Reactivos

- Alcohol desinfectante 70°, marca comercial PORTUGAL, 1000ml, RSGN-0034.
- Hipoclorito de sodio al 4% p/p, marca comercial CLOROX, 680g o 639ml, RSDAN 7316.

3.3.4. Software

- InfoStat software estadístico, versión 2020.
- Microsoft Excel 2013.

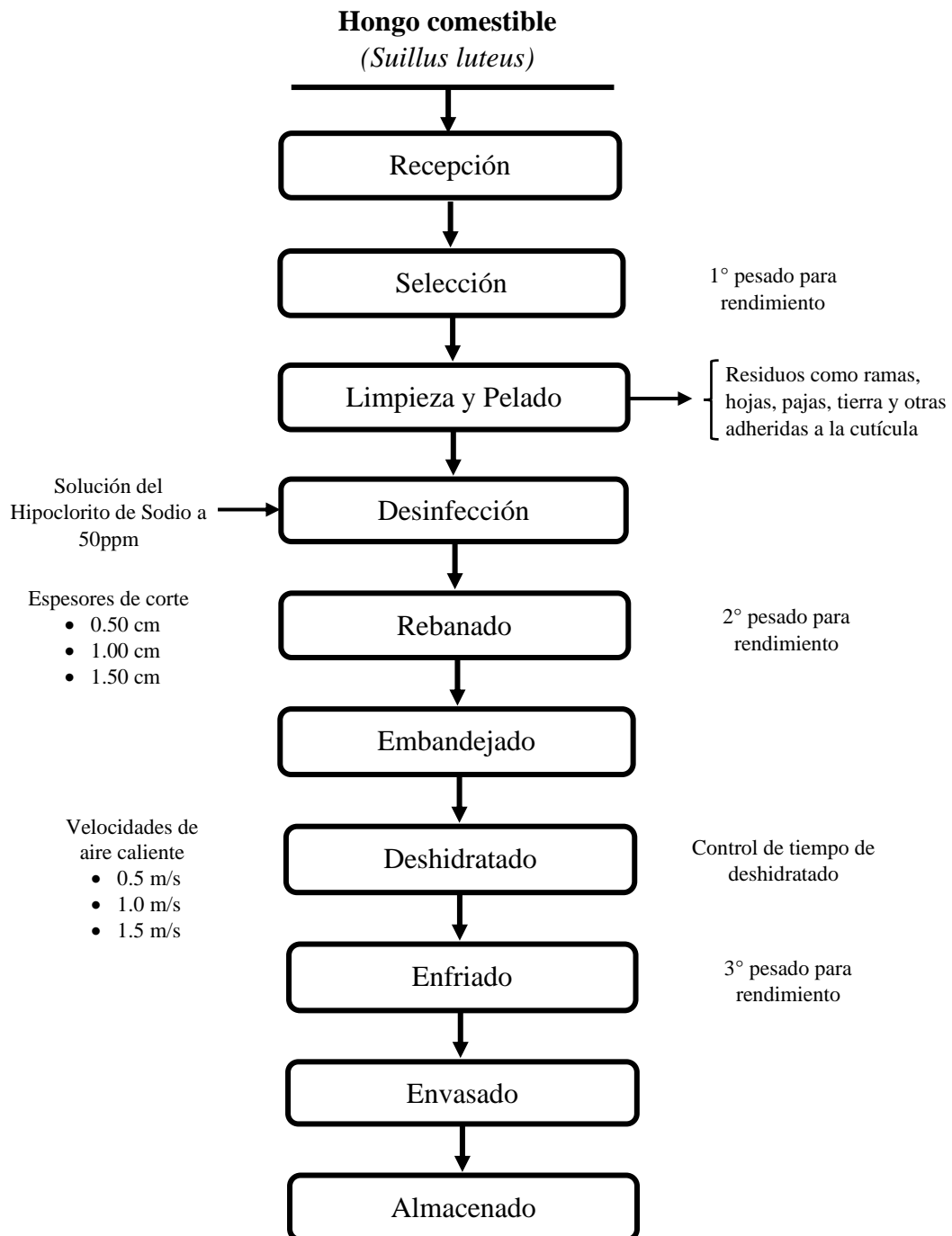
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Flujograma de operaciones del proceso

El flujograma de operaciones para la producción de hongos comestibles deshidratados, según el método utilizado por Sedano (2014), se muestra a continuación:

Figura 7

*Diagrama de flujo para la deshidratación del hongo comestible (*Suillus luteus*)*



Fuente: Adaptado de Sedano (2014) con algunas modificaciones.

3.4.2. Descripción de operaciones realizadas

En seguida se presenta la descripción del flujograma de operaciones para la obtención de hongos comestibles deshidratados (*Suillus luteus*) en un secador de lecho fijo:

- **Recepción.-** Fueron recolectados en canastas de plástico del bosque de pinos radiata de la Asociación de Productores Ecológicos Yunguyo mío del valle de Laje del Distrito de Unicachi, se recibieron en la mesa de trabajo del laboratorio para su evaluación inmediata.
- **Selección.-** Se seleccionaron en base a su estado de madurez, de acuerdo al diámetro de sombrero (10 - 12 cm), sin presencia de insectos, larvas o sus residuos. Luego se realizó el primer pesado para evaluar el rendimiento.
- **Limpieza y pelado.-** En esta etapa se eliminaron ramas, hojas, pajas, tierra y otros residuos adheridas a la cutícula pegajosa de los hongos. Luego se retiró la cutícula o piel de la superficie del sombrero del hongo, así como el corte del tallo restante con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.
- **Desinfección.-** Se utilizó hipoclorito de sodio en una solución con agua a una concentración de 50 ppm y se frotó cada hongo con un poco de solución en la mano, tratando de no dañar en el manipuleo.
- **Rebanado.-** Se procedió a cortar el hongo con un cuchillo de acero inoxidable en rodajas de 0.5 cm, 1.0 cm y 1.5 cm de espesor aproximadamente. Luego se realizó el segundo pesado para evaluar el rendimiento.

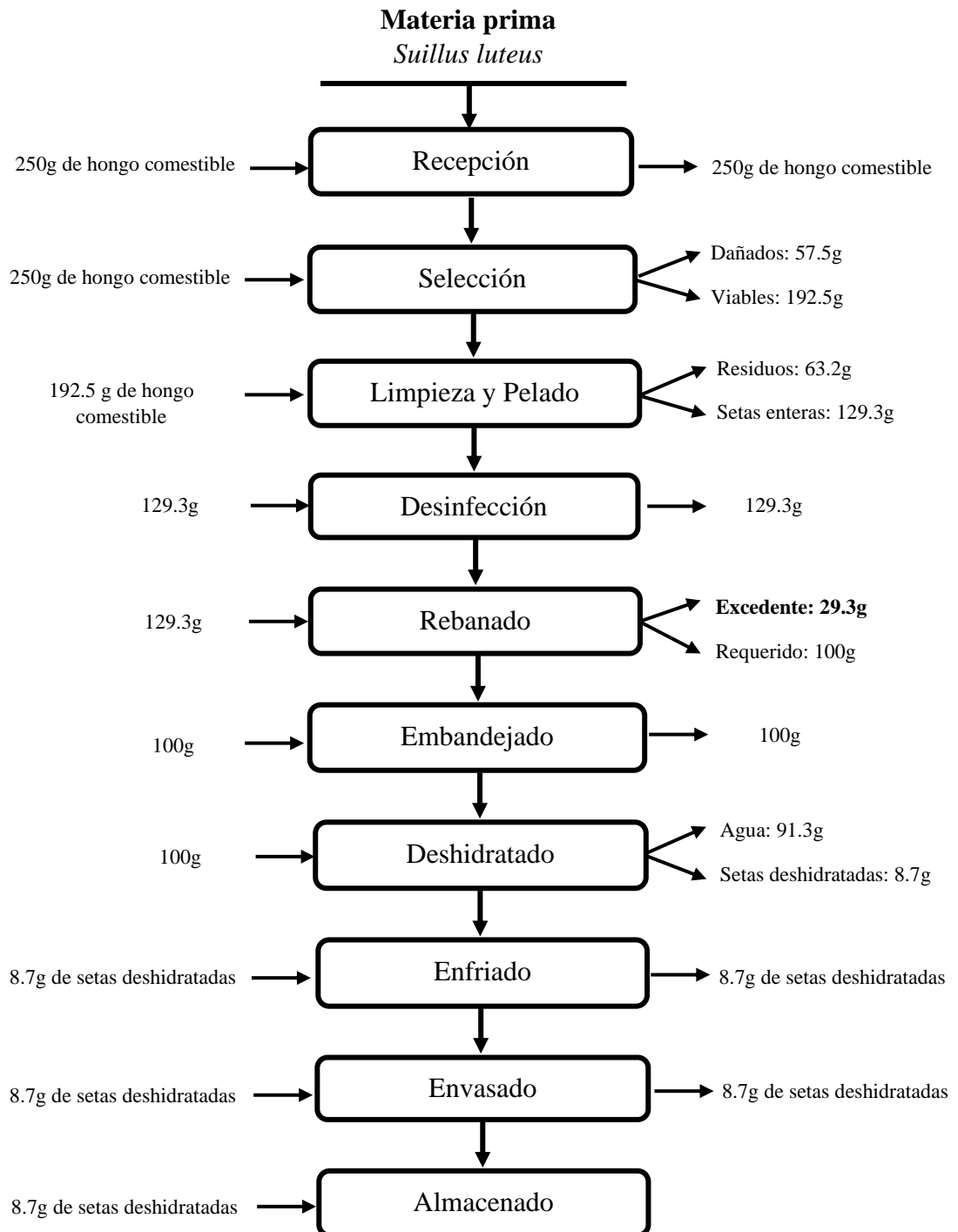


- **Embandejado.**- El hongo ya rebanado se colocó en bandejas del secador, en una cantidad de 100g por tratamiento, para luego colocarlos en el secador de lecho fijo, con mucho cuidado para evitar quebrarlas.
- **Deshidratado.**- Se realizó en un secador de lecho fijo, programado a diferentes velocidades de aire caliente (0.5 m/s, 1 m/s y 1.5 m/s) y a una temperatura constante de 60°C, se registró el peso de la muestra cada 30 minutos.
- **Enfriado.**- Consistió en retirar las muestras del secador de lecho fijo con la única finalidad de reducir su temperatura en una campana de desecación. Posterior a ello se realizó el tercer pesado para evaluar el rendimiento.
- **Envasado.**- Se envasó y se selló inmediatamente en bolsas de Polietileno de Alta Densidad, por cada tratamiento.
- **Almacenado.**- Las muestras envasadas se almacenaron en un ambiente seco, ventilado, protegido de la luz, humedad y otros elementos que puedan alterar sus características organolépticas.

3.4.3. Balance de materia prima

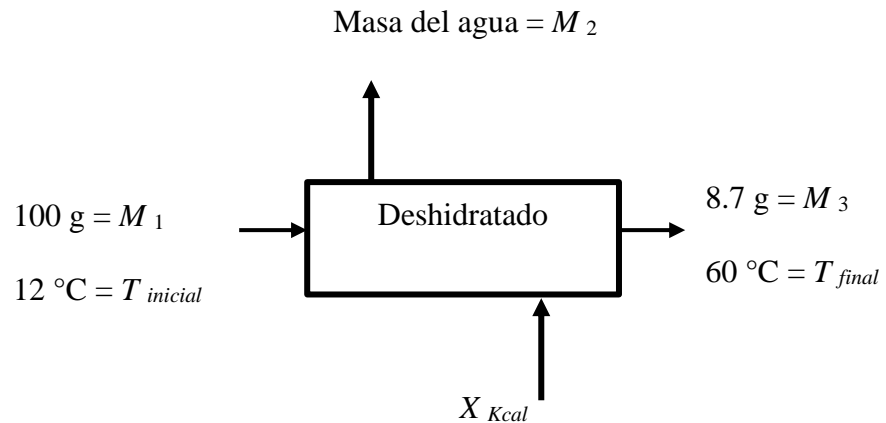
Figura 8

Balance de materia en el proceso de deshidratado del hongo comestible (Suillus luteus)



Fuente: Adaptado de Flores y Valero (2011) con algunas modificaciones.

a. Cálculos para balance de materia



$$M_1 = M_2 + M_3$$

$$100\text{g} = M_2 + 8.7\text{g}$$

$$M_2 = 91.3 \text{ g (masa del agua)}$$

En la Tabla 10, se muestra el balance de materia durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*).

Tabla 10

Balance de materia durante el deshidratado del hongo comestible (Suillus luteus)

Proceso	Ingresa		Residuo	
Selección	250 g	100 %	57.5 g	23.00 %
Limpieza y pelado	192.5 g	77.00 %	63.2 g	25.28 %
Rebanado	129.3 g	51.72 %	29.3 g*	11.72 %
Deshidratado	100 g	40.00 %	91.3 g	36.52 %
Envasado	8.7 g	3.48 %		

Nota: * Excedente no necesario durante el presente estudio de deshidratado

Fuente: Elaboración propia.



3.4.4. Determinación del porcentaje de pérdida de peso

La pérdida de peso del hongo comestible se determinó por gravimetría mediante la diferencia entre pesos, tomando como base el peso inicial menos el peso del hongo comestible al final del proceso de deshidratado y expresando los resultados como porcentaje de pérdida de peso (%) mediante la siguiente ecuación, método propuesto por AOAC (1990).

Procedimiento:

Se registraron los pesos de las muestras de hongo comestible en el proceso de deshidratado, durante el desarrollo de todos los tratamientos, utilizando una balanza digital incorporado en el equipo de secado. Se estableció un número de 3 réplicas por tratamiento.

$$\%PP = (P_i - P_f)/P_i * 100$$

Donde:

$\%PP$ = pérdida de peso

P_i = peso inicial

P_f = peso final

3.4.5. Determinación del contenido de humedad

Se determinó por el método de secado en termo balanza (balanza de humedad), donde la balanza de humedad sirve para determinar rápidamente y de manera fiable la humedad de las sustancias líquidas, porosas y sólidas mediante el análisis termo gravimétrico.

Procedimiento:



Encender el equipo y establecer las condiciones de secado (temperatura de 105 °C y tiempo). Abrir la tapa del analizador de humedad y coloque el platillo de aluminio en el asidero porta platillo. Encender el equipo y tarar el equipo. Pesar de 2 a 5 g de muestra sobre la charola de aluminio formando una capa lo más homogénea posible. Cerrar la tapa del equipo y pulsar botón de START/STOP para iniciar el proceso de desecación y medición. Registrar la pérdida de peso o en su caso el porcentaje de humedad (según el equipo) después de 10-15 min o bien cuando ya no haya variación en la lectura. (Kirk *et al*, 1996).

3.5. FACTORES DE ESTUDIO

Para el objetivo de la presente investigación se utilizó el secador de lecho fijo con flujo de aire caliente, permitiendo un control minucioso de los parámetros establecidos como:

3.5.1. Variables de estudio

- Espesor de corte (0.50 cm, 1.00 cm y 1.50 cm)
- Velocidad de aire caliente (0.5 m/s, 1 m/s y 1.5 m/s)

3.5.2. Variables de respuesta

- Porcentaje de pérdida de peso (%)
- Humedad (%)

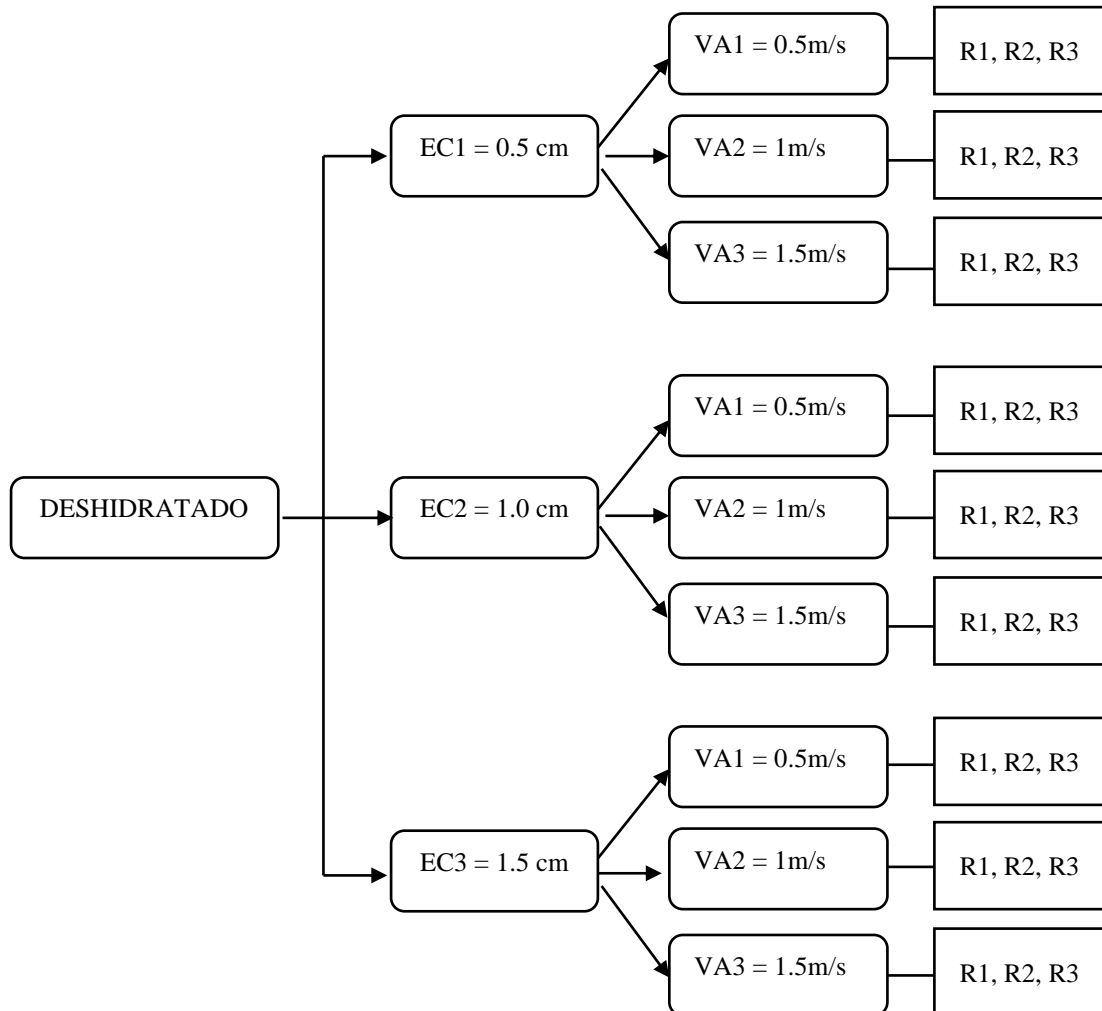
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.6.1. Esquema del diseño experimental

En la Figura 9, se presenta el esquema del diseño experimental utilizado para la presente investigación.

Figura 9

*Esquema del diseño experimental para la evaluación del hongo comestible (*Suillus luteus*) durante el deshidratado*



Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Diseño estadístico utilizado

Se utilizó el diseño estadístico DCA (Diseño Completamente al Azar), pertenece a un diseño con 2 factores, 3 niveles cada uno y con 3 repeticiones en cada caso.



Para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de análisis estadístico ANOVA a un nivel de confianza del 95 % y significancia del 5 %.

Para las diferencias significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de comparación de Tukey.

Tabla 11

Cálculos para el análisis de la varianza (ANOVA)

F. V.	G. L.	S. C.	M. C.	Fc
Factor A	a - 1	SC _A	MC _A = SC _A / a - 1	F _A = MC _A / MCE
Factor B	b - 1	SC _B	MC _B = SC _B / b - 1	F _B = MC _B /MCE
Interacción	(a - 1)(b - 1)	SC _{AB}	MC _{AB} = SC _{AB} /(a - 1)(b - 1)	F _{AB} = MC _{AB} /MCE
Residual	ab(r - 1)	SCE	MCE = SCE/ ab(r - 1)	
Total	abr - 1	SCT		

Fuente: Adaptado de “Análisis y Diseño de Experimentos” de Ibáñez (2009).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

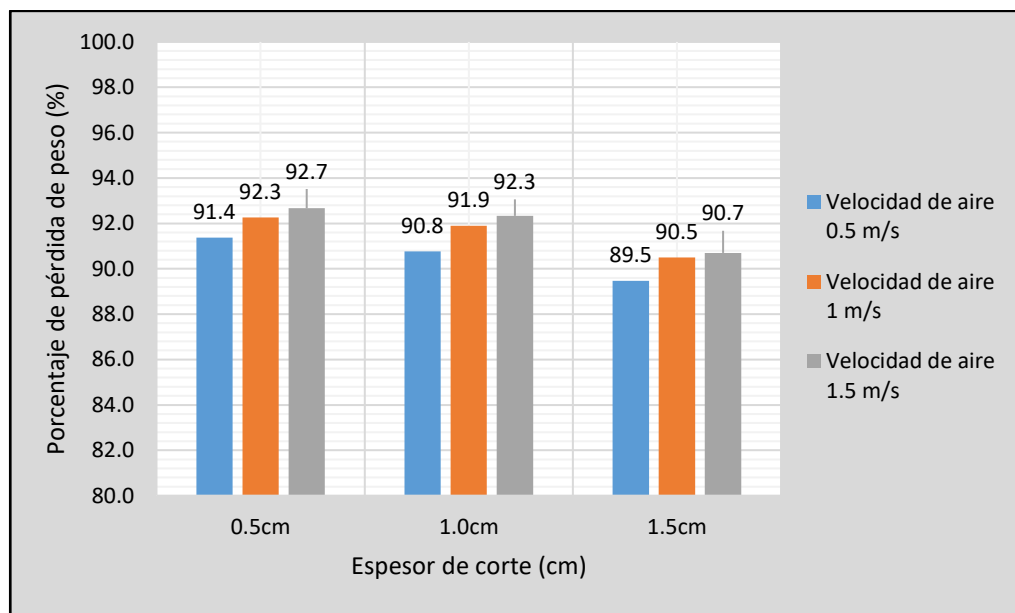
4.1. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DURANTE EL DESHIDRATADO

4.1.1. Porcentaje de pérdida de peso

Los datos experimentales obtenidos durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*) se muestran en el Anexo A y en la Figura 10, se muestran los resultados obtenidos de porcentaje de pérdida de peso, durante el proceso de deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*).

Figura 10

Gráfico de interacción entre el espesor de corte y velocidad de aire caliente en el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (*Suillus luteus*)



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 10, se observa que el porcentaje de pérdida de peso en todos los tratamientos fue significativo a medida que se incrementa el espesor de corte,



luego se observó el mismo comportamiento con la velocidad de aire caliente, ya que a medida que se incrementa la velocidad de aire caliente incrementa el porcentaje de pérdida de peso. Este incremento se debe a la concentración de sólidos del producto, permeabilidad celular y por la desnaturalización de las membranas celulares (Arias *et. al.*, 2017). Además se aprecia que a velocidades de aire caliente de 1 y 1.5 m/s a medida que incrementa el espesor de corte no existe mucha diferencia en el porcentaje de pérdida de peso con respecto a los demás tratamientos (90.5% y 90.7% respectivamente), esto debido a que la temperatura (60°C) fue constante en ambos casos. Respecto a eso De Michelis y Ohaco (2015), indicaron que la temperatura desempeña un papel importante y es determinante en el proceso de secado. Por otro lado, se observa que a menor espesor de corte (1.5cm, 1.0cm y 0.5cm) incrementa el porcentaje de pérdida de peso (para velocidad de aire caliente de 0.5m/s son: 89.5%, 90.8% y 91.4% respectivamente), esto debido a que existe un incremento del área de superficie para intercambio de materia entre el producto y su ambiente. Referente a ello Sedano (2014), indica que el grosor y la forma de un producto es un factor que puede modificar el proceso de deshidratado, ya que las piezas más pequeñas son las que más rápido se secan; por otro lado, Flores y Valero (2011), mostraron la pérdida de peso del hongo *Boletus edulis* sometido al proceso de secado a 60 °C y con una velocidad de aire caliente de 1m/s y 1.5m/s conteniendo un porcentaje de pérdida de peso de 93.5% y 94.8% respectivamente; Moreno (2020), por su parte indica que en el proceso de deshidratado del hongo *Suillus luteus* a 55°C y a una velocidad de aire caliente de 1.5m/s resultó un porcentaje de pérdida de peso de 92.3%. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sobre porcentaje de pérdida de peso muestran valores similares a los

obtenidos por los autores mencionados, los resultados se pueden atribuir a la naturaleza del hongo comestible y a su espacio geográfico, así como a la metodología utilizada para el proceso de deshidratado.

En la Tabla 12 se muestra el análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*).

Tabla 12

Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (Suillus luteus)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	p-valor	Sig.
Espesor de corte (A)	2	0.001740	0.000870	137.37	<0.00001	*
Velocidad de aire (B)	2	0.000909	0.000455	71.80	<0.00001	*
A x B	4	0.000012	0.000003	0.48	0.7504	n.s.
Error	18	0.000114	0.0000063			
Total	26	0.002775				

$R^2 = 95.89\%$, $R^2_{ajust} = 94.06\%$, $CV=1.13\%$, $\bar{X} = 91.3$

* = Significativo n.s.=no significativo

En la Tabla 12, se observa el análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*), en donde para el factor espesor de corte (A), existe diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), indicando que existe diferencias en el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible en sus diferentes niveles de espesor de corte; para el factor velocidad de aire caliente (B), existe diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), indicando que existe diferencias en el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible en sus diferentes niveles de velocidad de aire caliente; no existe interacción entre los factores A x B ($P > 0.05$), indicando

que ambos factores actúan de forma independiente sobre la variable porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible. Además, el coeficiente de variación (CV) igual a 1.13%, nos indica que los datos evaluados son confiables para este tipo de experimentos. El coeficiente de determinación ajustada de 94.06%, es alto por lo que existe un ajuste bueno, es decir el modelo es confiable para realizar las predicciones hacia el futuro.

4.1.2. Espesor de corte del hongo comestible

En la Tabla 13, se muestra la Prueba de Tukey para factor espesor de corte sobre el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (*Suillus luteus*) durante el deshidratado.

Tabla 13

Prueba de Tukey para factor espesor de corte sobre el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (Suillus luteus) durante el deshidratado

Orden de mérito	Espesor de corte (cm)	Promedio de porcentaje de pérdida de peso (%)	Sig. ≤ 0.05
1	0.50	92.1 ± 0.59	a
2	1.00	91.7 ± 0.75	a
3	1.50	90.2 ± 0.62	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la Tabla 13, se observa que la muestra con espesor de corte de 0.50 cm tuvo un mayor porcentaje de pérdida de peso con 92.1 %, el espesor de corte de 1.00 cm tuvo un porcentaje de pérdida de peso con 91.7 %; y el espesor de corte de 1.50 cm tuvo el menor porcentaje de pérdida de peso con 90.2 %, todos evaluados a una temperatura constante de 60°C y a diferentes velocidades de aire caliente en el secador. Al igual que Benito (2019), indica que la muestra de hongo

comestible sometido al proceso de deshidratado con una temperatura de 60°C y 0.5cm de espesor tuvo mayor porcentaje de pérdida de peso que la muestra sometida a 60°C y 1.0cm de espesor; por otra parte Villagaray (2010), menciona que para la muestra sometida a 50°C y 0,5cm de espesor de corte tuvo un mayor porcentaje de pérdida de peso que la muestra sometida a 50°C y 1,0 cm de espesor de corte. En cuanto a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación presenta valores similares con una ligera variación, el cual es debido a las condiciones iniciales dadas al producto en estudio como su forma, estado de madures, pretratamientos y su medio, por otra parte se evidencia que a menor espesor de corte mayor es el porcentaje de pérdida de peso en la muestra.

4.1.3. Velocidad del aire caliente en el secador

En la Tabla 14, se muestra la Prueba de Tukey para factor velocidad de aire caliente sobre el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (*Suillus luteus*) durante el deshidratado.

Tabla 14

Prueba de Tukey para factor velocidad de aire caliente sobre el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible (Suillus luteus) durante el deshidratado

Orden de mérito	Velocidad de aire caliente (m/s)	Porcentaje de pérdida de peso (%)	Sig. ≤ 0.05
1	1.50	91.9 ± 0.92	a
2	1.00	91.6 ± 0.84	a
3	0.50	90.5 ± 0.88	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).



En la Tabla 14, se observa que la muestra sometida a una velocidad de aire caliente de 1.5 m/s tuvo mayor porcentaje de pérdida de peso con 91.9 %, para la velocidad de aire de 1 m/s tuvo un porcentaje de pérdida de peso con 91.6 % y para la velocidad de aire de 0.5 m/s tuvo menor porcentaje de pérdida de peso con 90.5 %, todos evaluados a una temperatura constante de 60°C y a diferentes espesores de corte de la muestra; al respecto Flores y Valero (2011), indican que a mayor velocidad de aire caliente y temperatura, mayor es el porcentaje de pérdida de peso, siendo el mejor tratamiento a velocidad de aire de 1,5 m/s y 60°C de temperatura con un porcentaje de pérdida de peso de 94.8%; al igual que Pérez (2001), obtuvo un mayor porcentaje de pérdida de peso a 60 °C y a velocidad de aire caliente de 1,5 m/s; según Sedano (2014), indica que la muestra sometida a temperatura constante de 60°C y velocidades de aire caliente de 1 m/s, 2m/s y 3m/s, tuvieron una ligera variación y que a una velocidad de aire 3 m/s es uno de los más adecuados para poder deshidratar hongos comestibles debido a que el proceso se realiza en el menos tiempo posible y con el mayor porcentaje de pérdida de peso. Los resultados obtenidos son similares a los autores citados, por lo tanto podemos decir que la velocidad de aire caliente influye en el porcentaje de pérdida de peso de la muestra, evidenciándose que a mayor velocidad de aire caliente en el secador mayor es el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible.

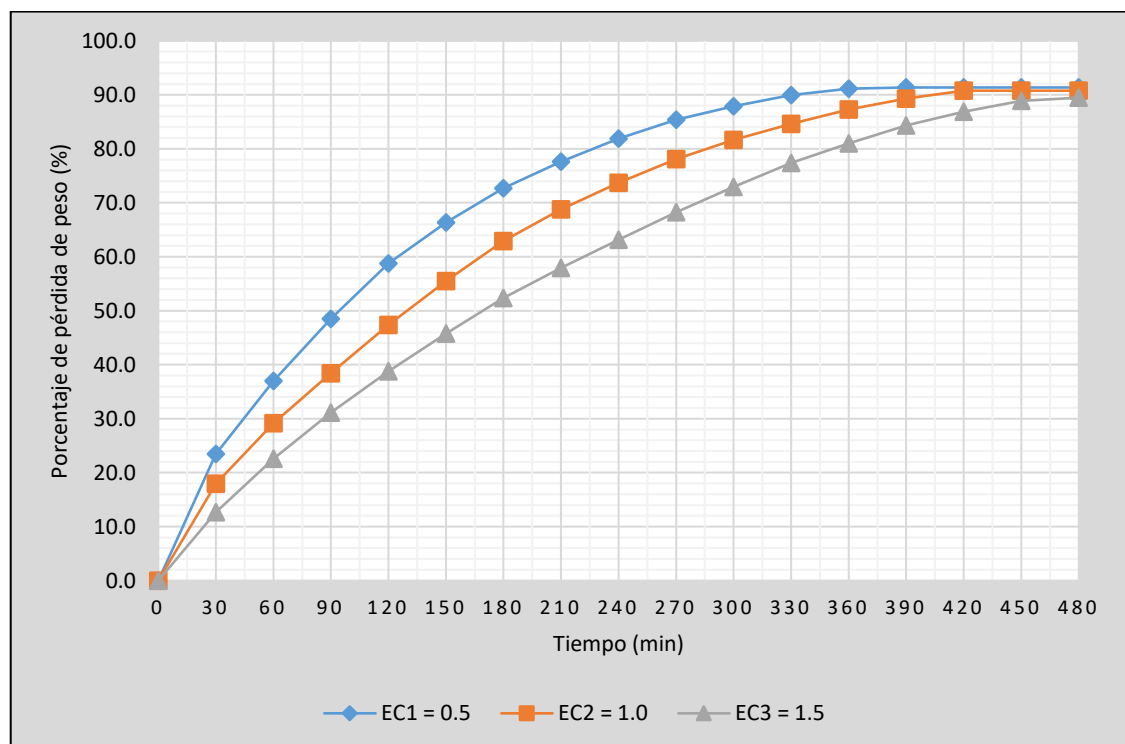
4.2. COMPORTAMIENTO CINÉTICO DE LAS CURVAS DE SECADO

Con los datos obtenidos en el laboratorio, se realizó las curvas de secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) en función al porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado.

En las Figuras 11, 12 y 13 se exponen las curvas de secado obtenidas para el hongo comestible (*Suillus luteus*), las mismas que siguen el patrón de secado y/o deshidratado de alimentos mencionados por Geankoplis (2006).

Figura 11

Curva de secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a velocidad de aire caliente de 0.5 m/s con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm



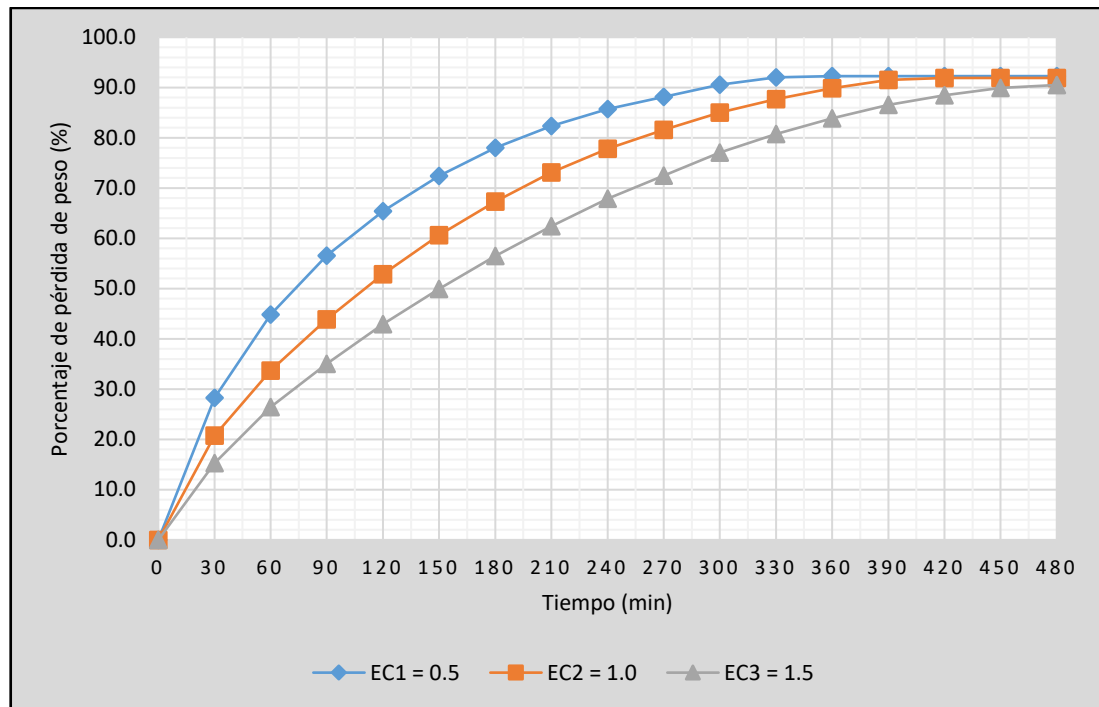
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 11, se observa que la muestra de hongo comestible con 0.5 cm de espesor de corte va perdiendo peso de manera rápida durante los primeros 240 min, luego reduce la velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 91.4 % a los 390 min; la muestra con 1.0 cm de espesor de corte pierde peso de manera rápida durante los primeros 300 min, luego reduce la velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 90.8 % a los 420 min; y la muestra con 1.5 cm de espesor de corte pierde peso rápidamente durante los primeros 360 min, luego reduce la velocidad

de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 89.5 % a los 480 min, con una humedad final de 9.15 % en promedio.

Figura 12

*Curva de secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a velocidad de aire caliente de 1 m/s con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm*



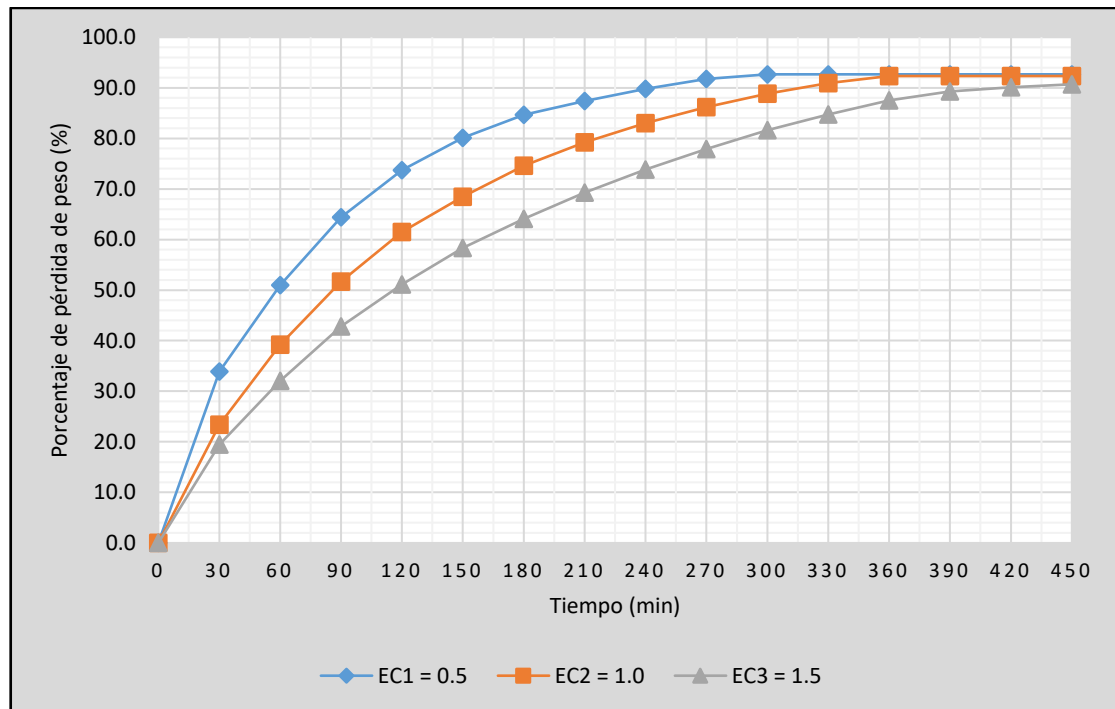
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 12, se observa que la muestra de hongo comestible con 0.5 cm de espesor de corte va perdiendo peso rápidamente durante los primeros 210 min, luego reduce la velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 92.3 % a los 360 min; la muestra con 1.0 cm de espesor de corte pierde peso de manera rápida durante los primeros 270 min, luego disminuye la velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 91.9 % a los 420 min; y la muestra con 1.5 cm de espesor de corte pierde peso rápidamente durante los primeros 330 min, luego disminuye la

velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 90.5 % a los 480 min, con una humedad final de 8.08 % en promedio.

Figura 13

*Curva de secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a velocidad de aire caliente de 1.5 m/s con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm*



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 13, se observa que la muestra de hongo comestible con 0.5 cm de espesor de corte va perdiendo peso rápidamente durante los primeros 150 min, luego disminuye la velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 92.7% a los 300 min; la muestra con 1.0 cm de espesor de corte pierde peso de manera rápida durante los primeros 240 min, luego se reduce la velocidad de secado hasta llegar a un porcentaje de pérdida de peso de 92.3 % a los 360 min; y la muestra con 1.5 cm de espesor de corte pierde peso de manera rápida durante los primeros 300 min, luego se reduce la



velocidad de secado hasta un porcentaje de pérdida de peso de 90.7 % a los 450 min, con una humedad final de 7.38 % en promedio.

En general, en las Figuras 11, 12 y 13 descritos anteriormente, se visualiza que la combinación de espesores de corte con velocidades de aire caliente ayudan a reducir la humedad del hongo comestible, por ende se reduce también el peso del producto en el tiempo como porcentaje de pérdida de peso hasta que sea constante; cuando se incrementa el espesor de corte disminuye el porcentaje de pérdida de peso del hongo comestible como se aprecia en las curvas de secado a la misma velocidad de aire caliente en el secador; luego cuando se incrementa la velocidad de aire caliente aumenta el porcentaje de pérdida de peso en un mismo espesor de corte del hongo comestible; este comportamiento fue descrito también por Villagaray (2010), quien indica que una muestra de hongo en rodajas de 0,5 cm de espesor sometidos a 50 °C y a una velocidad de aire de 1,5 m/s, logra un porcentaje de pérdida de peso de 94.4% mayor que la muestra con 1,0 cm de espesor a las mismas condiciones un porcentaje de pérdida de peso de 92.2%; al igual que en éste estudio, los resultados son similares y que este comportamiento se debe a que el aumento del espesor de corte reduce la eliminación de humedad superficial del hongo comestible, Por otra parte Flores y Valero (2011), indican que al observarse muy ligeras las variaciones de porcentaje de pérdida de peso a una misma temperatura, éstas ocurren debido a que la cinética de secado no está fuertemente influenciada por la velocidad de aire caliente y que el empleo de temperaturas más elevadas es lo que realmente incrementa el porcentaje de pérdida de peso y depende de ciertas condiciones como la forma del producto, humedad inicial y entre otros; al igual que Sedano (2014), menciona que una muestra de hongo con 1.5 cm de espesor y con una velocidad de aire caliente de 1m/s a 60°C, logró obtener un porcentaje de pérdida de peso de 93.2%; por otra parte, Moreno (2020), realizó el proceso de secado del hongo *Suillus luteus* a una temperatura

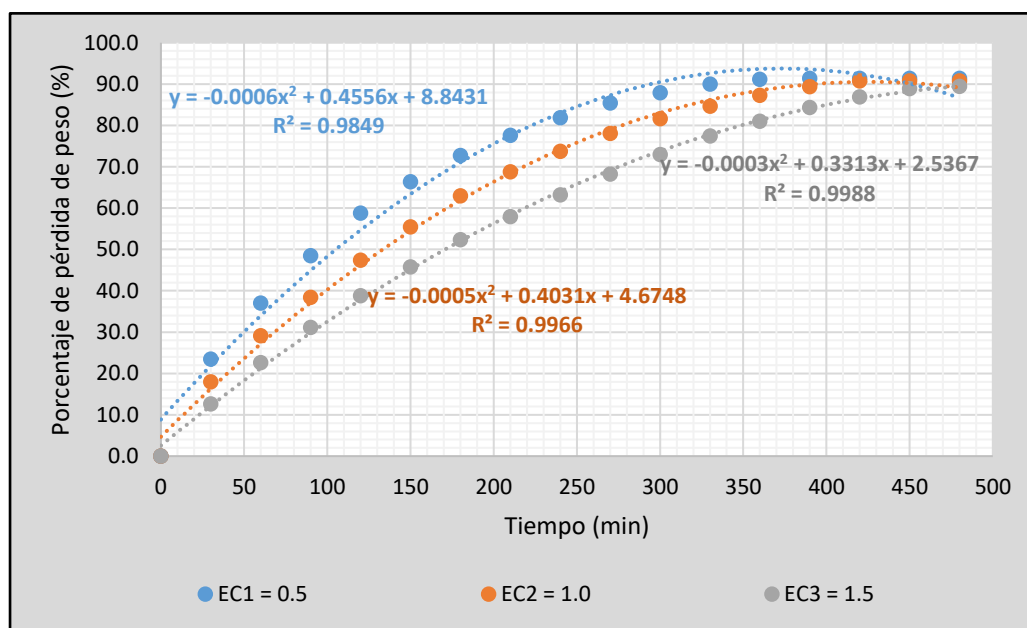
de 55°C con una velocidad de 1.5 m/s y obtuvo un porcentaje de pérdida de peso de 89.3% para lograr mejores resultados.

En la presente investigación se optó por el estudio y evaluación del efecto que causa los diferentes espesores de corte en la muestra y los diferentes velocidades de aire caliente durante el deshidratación de hongos comestibles (*Suillus luteus*) en un secador de lecho fijo, por su facilidad de trabajo en el control de parámetros de secado; según Grant *et al.*, (2020), indica que la gran ventaja del secado por aire caliente es la controlabilidad del proceso, de parámetros como la temperatura de secado, el tiempo de secado y la velocidad del aire.

En las Figuras 14, 15 y 16 se exponen las curvas de secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) ajustados a un modelo matemático de regresión cuadrática de orden 2.

Figura 14

Curva de secado ajustado a una regresión cuadrática para la velocidad de aire caliente de 0.5 m/s, con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm

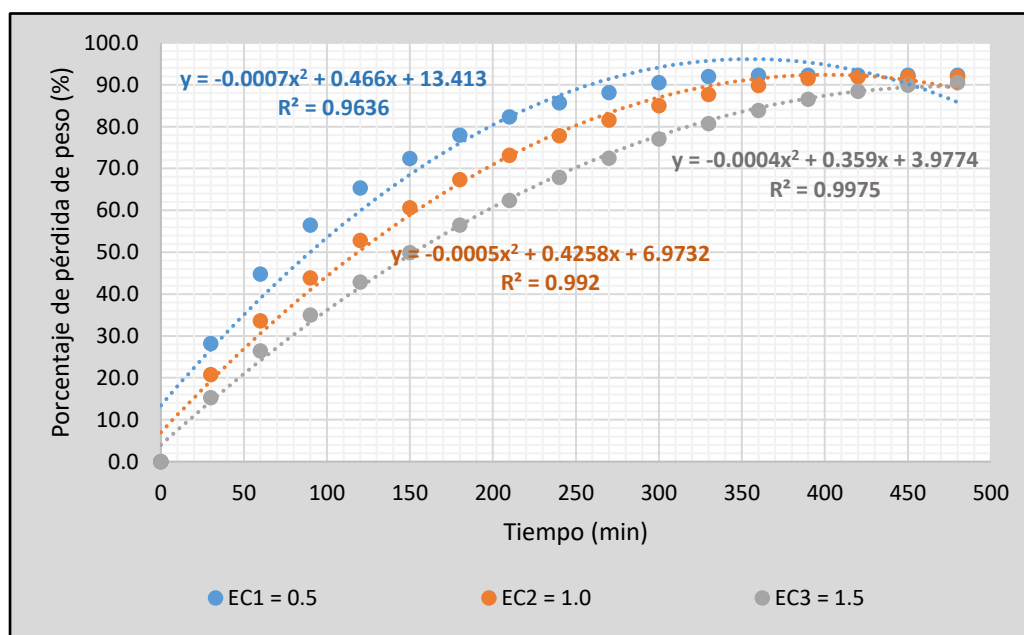


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14, se visualiza la curva de secado del hongo comestible ajustado a un modelo matemático de regresión cuadrática a velocidad de aire caliente de 0.5 m/s con diferentes espesores de corte; los tres ajustes realizados presentan una curva moderada con un R^2 alto, el cual quiere decir que el modelo se ajusta mejor a los datos, alcanzando un porcentaje de pérdida de peso de 91.4 % para el espesor de corte de 0.5 cm a los 390 min, 90.8 % para el espesor de corte de 1.0 cm a los 420 min y 89.5 % para el espesor de corte de 1.5 cm a los 480 min.

Figura 15

Curva de secado ajustado a una regresión cuadrática para la velocidad de aire caliente de 1 m/s, con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm



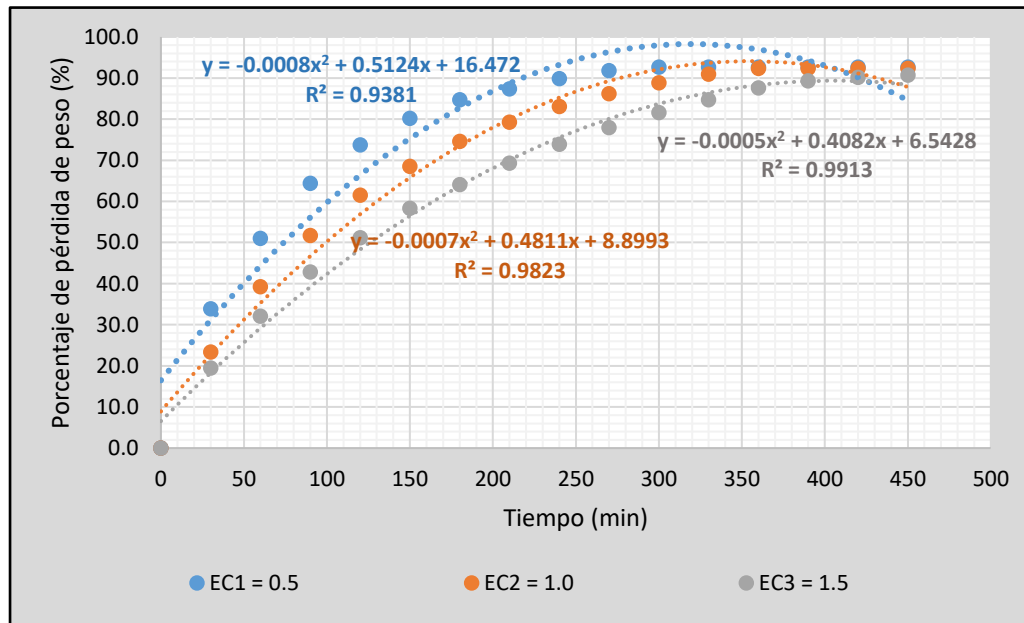
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15, se visualiza que al aumentar la velocidad de aire caliente a 1 m/s, el porcentaje de pérdida de peso se incrementa respecto al caso anterior; alcanzando un porcentaje de pérdida de peso de 92.3% para el espesor de corte de 0.5 cm a los 360 min, 91.9 % para el espesor de corte de 1.0 cm a los 420 min y 90.5 % para el espesor de corte

de 1.5 cm a los 480 min, las curvas de secado ajustadas a una regresión cuadrática permite alinearlas de acuerdo a su naturaleza.

Figura 16

Curva de secado ajustado a una regresión cuadrática para la velocidad de aire caliente de 1.5 m/s, con espesores de corte de 0.5, 1.0 y 1.5 cm



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16, se visualiza que a una velocidad de aire caliente de 1 m/s, el porcentaje de pérdida de peso es mayor a la que se consigue a velocidades de aire caliente inferiores; alcanzando un porcentaje de pérdida de peso de 92.7 % para el espesor de corte de 0.5 cm a los 300 min, 92.3 % para el espesor de corte de 1.0 cm a los 360 min y 90.7 % para el espesor de corte de 1.5 cm a los 450 min; por otra parte se observa una influencia del espesor de corte en la cinética del proceso de deshidratado cuando incrementa el espesor de corte.

En general, en las Figuras 14, 15 y 16, se visualizan las curvas de secado que por su tendencia se ajustan a un modelo de regresión cuadrática, donde se observa que al



incrementar el espesor de corte las curvas de deshidratado tienen mayor curvatura y menor porcentaje de pérdida de peso; así como lo describe Barbosa (2000), cuanto mayor es el espesor del material, menor es el contenido de humedad, por ende tiende a reducir el porcentaje de pérdida de peso y por lo tanto las ventajas de las velocidades altas de aire disminuyen, en el presente trabajo de investigación se observa una influencia en el incremento del espesor de corte sobre la velocidad de secado del hongo comestible, al incrementar el espesor de corte de 0.5 cm a 1.0 cm el porcentaje de pérdida de peso se incrementa notablemente, de 1.0 cm a 1.5 cm de espesor de corte el porcentaje de pérdida de peso se incrementa ligeramente; en el caso de velocidades de aire caliente de 0.5 m/s, 1 m/s y 1.5 m/s existe poca influencia durante el deshidratado; referente a eso Villagaray (2010), menciona que en las primeras etapas del deshidratado, la velocidad del aire caliente desempeña un papel muy importante en un producto con alto contenido de humedad; por otra parte Espinoza (2000), indica que para asegurar un secado rápido y uniforme es necesario una circulación del aire fuerte y regular.

De la temperatura del aire caliente, se fijó en 60 °C en el secador del lecho fijo ya que depende de la especie que se vaya a someter al proceso; para el hongo comestible *Suillus luteus* es justificada por Li-Zhen *et al.*, (2017), donde estudiaron el secado por aire caliente (HAD) en cinética de secado de pimienta roja, las temperaturas del aire utilizadas en los experimentos se fijaron en 50, 60, 70 y 80°C respectivamente y la velocidad del aire se mantuvo a 1,5 m/s; por otra parte Nazmi *et al.*, (2018), estudiaron el efecto de diferentes métodos de secado en la cinética de secado, el color, el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante de la piña, aplicando métodos convectivos a temperaturas de 60, 70, 80 y 90°C, y la velocidad del aire fijó en 1,5 m/s; además Xiao *et al.*, (2019), trabajaron el proceso de deshidratado de champiñones Shiitake a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C, en donde las muestras tratadas a 60°C fue la que más mantuvo sus



propiedades nutricionales; por ultimo De Michelis y Ohaco (2015), menciona que la temperatura óptima de secado es en función de cada materia prima, sin embargo se puede indicar que la temperatura para el secado nunca debe exceder los 60°C, ya que a temperatura más alta comienza los procesos de cocción.

En cuanto a la humedad del hongo comestible *Suillus luteus* en fresco fue de 87.39% en promedio y después del procesos de deshidratado se tuvo una humedad final de 9.15 % en promedio para la velocidad de aire caliente de 0.5 m/s, 8.08 % en promedio para la velocidad de aire caliente de 1 m/s y 7.38 % en promedio para la velocidad de aire caliente de 1.5 m/s; al respecto Flores y Valero (2011), indican que la humedad final obtenida para hongo tratada con velocidad de aire caliente de 1 m/s fue de 7.95 % y para 1.5 m/s fue de 6.11 %, las cuales son similares a los resultados obtenidos; por otra parte Villagaray (2010), obtuvo una humedad de 11.99 % en hongo seco deshidratado a 50°C con una velocidad de aire caliente de 1.5 m/s, esto es debido a la naturaleza del producto y la metodología utilizada para el deshidratado; Benito (2019), menciona que después del deshidratado del hongo comestible tuvo una humedad final de 11.05 % a 60°C y con un espesor de corte de 1.0 cm, los resultados obtenidos difieren de lo mencionado, esto se debe a que no todos los parámetros de secado fueron controlados, tal es el caso de la velocidad del aire forzado.

En cuanto al tiempo de deshidratado, está influenciado por las reacciones físicas de la muestra al encontrarse en contacto con el aire caliente y la superficie de la muestra, los resultados obtenidos muestran que el hongo comestible sometido a 1.0 cm de espesor de corte con 1.5 m/s de velocidad de aire caliente y 60°C tomó 360 min el proceso de deshidratado y para el hongo comestible sometido a 1.5 cm de espesor tomó 450 min el proceso de deshidratado; al respecto Geankoplis (2006), indica que los sólidos rígidos no



se contraen de manera apreciable, pero los materiales coloidales y fibrosos, como vegetales y otros productos alimenticios, sí se contraen. El efecto más notable es que se puede desarrollar una capa dura en la superficie del sólido, que resulta impermeable al flujo del líquido o del vapor y disminuye la velocidad de secado y por ende el tiempo de secado; Villagaray (2010) indica que para la muestra de hongo sometida a 50°C con 0.5 cm de espesor logró deshidratarlo en 450 min y para la muestra sometida a 50°C con 1.0 cm de espesor logró deshidratarlo en 465 min; Benito (2019), indica que el hongo tratado a 60°C con 0.5 cm de espesor tomó 420 min el proceso de deshidratado y para el hongo tratado 60°C con 1.0 cm de espesor tomó 600 min; de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sobre el tiempo de deshidratado, presenta valores similares a los reportados por los autores mencionados, éste comportamiento se puede atribuir a la diferencia de temperaturas, diferentes velocidades de aire caliente y de las condiciones de deshidratado, todo ello evidencia que a mayor espesor de corte mayor es el tiempo de deshidratado.



V. CONCLUSIONES

- El efecto del espesor de corte del hongo comestible *Suillus luteus* durante el deshidratado, con espesor de corte de 0.5 cm, permite obtener el mayor porcentaje de pérdida de peso de 91.4 %, 92.3 % y 92.7 % en sus diferentes velocidades de aire caliente, por lo tanto existe una relación directa entre el espesor de corte y el porcentaje de pérdida de peso, a medida que se reduce el espesor de corte el porcentaje de pérdida de peso incrementa, esto por la variación del área de superficie de intercambio de materia.
- El efecto de la velocidad del aire caliente durante el deshidratado del hongo comestible, con velocidad de aire caliente de 1.5 m/s, permite obtener el mayor porcentaje de pérdida de peso de 92.7 %, 92.3 % y 90.7% en sus diferentes espesores de corte, por lo tanto existe una relación directa entre la velocidad del aire caliente y el porcentaje de pérdida de peso, a medida que incrementa la velocidad de aire caliente se incrementa el porcentaje de pérdida de peso, esto se debe a la modificación de la velocidad de intercambio de materia en la superficie de la muestra.
- El comportamiento cinético de las curvas de secado del hongo comestible para espesor de corte de 0.5 cm, 1.0 cm y 1.5 cm y velocidad de aire caliente de 0.5 m/s, 1 m/s y 1.5 m/s, fue en función al porcentaje de pérdida de peso, con una humedad inicial de 87.39 % y llegando a una humedad de 9.15 %, 8.08 % y 7.38 en promedio respectivamente, las curvas de secado fueron ajustados al modelo de regresión cuadrática y con un coeficiente de determinación alta en cada uno de los casos, por lo tanto se concluye que a menor espesor de corte y mayor velocidad de aire caliente mayor es la velocidad de secado y mayor el porcentaje de pérdida de peso.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de optimización con pretratamientos de desinfección y acondicionamiento antes del deshidratado del hongo comestible, con el objetivo de acelerar la transferencia de masa en el proceso de deshidratado con menor requerimiento de energía, menor tiempo y aprovechando los residuos generados.
- Continuar con la investigación aplicando velocidades de aire caliente mayores a lo descrito en la presente investigación y a diferentes condiciones de temperatura, para mantener en lo posible sus componentes nutricionales y aspectos fisicoquímicos.
- Aplicar estudios de evaluación del comportamiento cinético de secado del hongo comestible en métodos alternativos como liofilización, criogenización, con microondas, en conservas con especias, en mezclas de harinas y similares.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ágreda, C. T. (2006). *El recolector de setas en Castilla y León: apuntes para su buen aprovechamiento*. Proyecto Micología y Calidad de Cooperación Internacional. Edit. Proyecto Micología y Calidad. Chile.
- American Psychological Association – APA. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th Ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Arias, L., Perea, Y. y Zapata, J. (2017). Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura. *Información Tecnológica*, vol. 28, no. 3. Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Universidad de Antioquia. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000300006&script=sci_arttext
- Barahona, S. (2008). *Benchmarking del modelo Taiwanes en la producción y comercialización de hongos a mercados internacionales*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad del Itsmo. Guatemala.
- Barbosa, C. G. y Vega, M. H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Editorial ACRIBIA SA. EAN 9788420009186, ISBN 978-84-200-0918-6. Zaragoza, España.
- Belay, D. & Solomon, A. (2020). Effect of pretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera Indica* L.) slices. *Cogent Food & Agriculture*, 6:1, 1747961. Food Process Engineering, Wolkite University, Welkite, Ethiopia. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1747961>
- Beltrán, G. M. (2005). *Diseño de un deshidratador de hongos comestibles (boletus luteus) de 900 kg de capacidad para la fundación grupo juvenil salinas*. Para optar el título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui.
- Benito, J. E. E. (2019). *Efecto de la temperatura y el espesor en la calidad nutricional del hongo de pino (Suillus Luteus A.) deshidratado en un secador solar*



- automatizado*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Tarma – Perú.
- Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de uso e importancia para la población*. Productos forestales no madereros/FAO. ISSN 1020-9719. Serie N° 17. Roma, Italia.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Campos, J. C. y Arregui, A. (2014). *Manual de buenas prácticas y Guía de Setas de Guadalajara*. Diputación de Guadalajara. Ediciones y Gráficas Solapas. 4ta Edición. Castilla La Mancha, España.
- Carbonell, J., Madarro, A., Piñaga, F. y Peña, J. (1984). Deshidratación de frutas y hortalizas con aire ambiente. Cinética de adsorción y desorción de agua en zanahorias. *Revista de agroquímica y tecnología de alimentos*. ISSN 0034-7698, Vol. 24, N° 1, p94-104. Valencia, España.
- Casp, A. y Abril, J. (1999). *Procesos de conservación de alimentos*. Ediciones Mundi Prensa S.A. ISBN: 84-89922-23-3, 84-7114-810-2, 580 p. Madrid, España.
- Catalá, R., Pons, A. M., Matas, M. C. R., y Prats, À. B. (1988). Deshidratación de alimentos por energía solar. Descripción de un prototipo experimental y ensayos exploratorios con zanahorias. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol., 28. Pág., 241-250. España.
- Crespo, M. (1994). *Cultivo Comercial de Champiñón*. Edit. Albatros. ISBN 950240033X, 9789502400334, 222p. Argentina.
- De Michelis, A. y Rajchenberg, M. (2006). *Hongos comestibles: Teoría y Práctica para la recolección, elaboración y conservación*. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche Agencia de Extensión Rural El Bolsón. Centro Regional Patagonia Norte. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1° Edición. ISBN N°: 1667-4006. Bariloche. Argentina.
- De Michelis, A. y Ohaco, E. (2015). *Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala*.



- Comunicación Técnica N° 84, Área Desarrollo Rural, ISSN 1667-4014. INTA Ediciones. Argentina.
- Dong, C., Silu, W., Mengqi, L., Tianshu, H. & Songyi, L. (2021). The dynamic changes in product attributes of shiitake mushroom pilei and stipes during dehydration by hot air drying. *National Engineering Research Center of Seafood, School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China*. DOI: 10.1111/JFPP.15648.
- Donoso, L., (1989). *Antecedentes Sobre Hongos Comestibles en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile, sede Regional Temuco. Temuco, Chile.
- Encyclopedia of Life. (2009). *Suillus luteus (L.) S. F. Gray, Roussel (en línea)*. Consultado y está disponible en: <https://eol.org/pages/133591>
- Espinoza, A. (2000). *Manual de procesamiento de frutas y hortalizas*. Venezuela: Maturín.
- Fabián, V. U. (2012). *Potencialidad del Suillus luteus (L. Fries) Gray con fines comerciales en plantaciones de Pinus radiata D. Don en Jauja*. Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2617>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. (2005). *Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población, por Eric Boa*. Productos Forestales no Madereros. N° 17. Roma.
- Fellows, P. (2005). *Los Alimentos: su elaboración y transformación. Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma.
- Fennema, O. (2000). *Química de alimentos*. Editorial Acribia S.A. Segunda Edición. 1280 p. Zaragoza, España.
- Fierro, R. (2013). *Elaboración de Pastas Largas Alimenticias Enriquecidas con Hongos Callambas (Suillus luteus) en Polvo*. Tesis. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.



<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/688/1/UISRAEL-EC-PTM-378.242-109.PDF>

- Fito, M. P., Andrés, G. A., Barat, B. J. y Albors, S. A. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Editorial Universitat Politècnica de valencia. Impreso en España.
- Flores, P. M. J. y Valero, C. Y. Z. (2011). *Determinación de la cinética de deshidratado de la seta comestible (Boletus edulis) en dos tipos de secadores*. Tesis de pregrado. Repositorio de Tesis. EP Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Perú.
- Gaytan, H. R., Salmenes, D., Pérez, R., y Mata, G. (2002). *Manual práctico del cultivo de setas*. México: Instituto de Ecología Xalapa, Veracruz.
- Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Tercera Edición. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- Geankoplis, C. J. (2006). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación*. Cuarta Edición. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- Gestión Ambiental de Navarra. (2011). *Micología forestal en Navarra*. Proyecto Micosylva. Depósito legal NA-2922/2011. Gobierno de Navarra.
- Godínez, S. M., Mendoza, P. H., Aguilar, V. M., Morales, E. O. y Flores, A. R. (2018). *Diversidad de hongos del ecosistema de Bosque Tropical Montano Nuboso de la Sierra María Tecún: una aproximación al conocimiento ancestral de Totonicapán*. CARE, FCA-Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Noroccidente. Programa Académico de Ingeniería Forestal. Totonicapán.
- Gómez, L. A. y Chung, G. P. (2005). *Guía para la producción de Hongos Silvestres Deshidratados. Hongos micorrízicos comestibles: una alternativa para mejorar la rentabilidad de plantaciones forestales*. Instituto forestal Sede Bio Bio. Concepción. Recuperado de <https://biblioteca.infor.cl/DataFiles/9085.pdf>
- Gonzales, J. (2010). *Evaluación de tratamientos de conservación del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) mediante encurtidos dulces y salados para darle valor*



- agregado*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/39985077/Proyecto-de-investigacion-Hongos-Comestibles>
- Grant, T., Ingegerd, S. & Gómez, G. F. (2020). A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Engineering and Nutrition*, Lund University, Lund, Sweden. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>
- Guerrero, L. y Núñez, M. J. (1991). *El proceso de secado en los alimentos*. Alimentación, equipos y tecnología. Pag 11-117. España.
- Haard, N. F. (1998). *Foods as cellular systems: impact on quality and preservation*. En Food storage stability, ed. I.A. Taub and R.P. Singh. CRC Press, Boca Raton.
- Hawladar, M., Uddin, M., Ho, J. C. & Teng, A. (1991). Drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*. Volume 14, Issue 4, Pages 259-268. Valencia, España. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(91\)90017-M](https://doi.org/10.1016/0260-8774(91)90017-M)
- Hifas Da Terra. (2 de octubre del 2009). *Micorrizas. Reproducido por Hifas foresta: Cómo micorrizar mi monte ¿Qué puedo esperar de él?*. Consultado y disponible en <https://hifasdaterra.com/> y <https://www.hifasforestas.com/blog/823-2/>
- Ibañez, Q. V. (2009). *Análisis y diseño de experimentos*. Facultad de Ciencias Agrarias. Facultad de Ingeniería Estadística e Informática. Editorial Universitaria. Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Perú.
- Ibarz, A., Canovas, G. y Barbosa, G. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. ISBN 10: 8484761630. 868p. Editorial Mundiprensa. España–Madrid.
- Jin, Z., Abu, E. A. Y., Yanhui, S., Mujumdar, S. A., Haile, M. & Cunshan, Z. (2021). *Role of thermal and non-thermal drying techniques on drying kinetics and the physicochemical properties of shiitake mushroom*. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, 212013, P. R. China. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, P. R. – China. Faculty of Agriculture, University of Zalingei, Zalingei - Sudan. School of Biological and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou, P. R. – China. DOI 10.1002/jsfa.11348.



- Kalac, P. (2013). A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93, 209-218.
- Lara, A. (2018). *Guía de técnicas de cortes y desposte*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Miranda José Manuel Siso Martínez.
- Li-Zhen, D., Xu-Hai, Y., Mujumdar, A. S., Jin-Hong, Z., Dong, W., Qian, Z., Jun, W., Zhen-Jiang, G. & Hong-Wei, X. (2017). *Red pepper (Capsicum annuum L.) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure*. *Drying Technology*. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing, China. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2017.1361439>
- Lull, C. H. J., Wichers, H. J. & Savelkoul, H. F. (2005). *Antiinflammatory and immunomodulating properties of fungal metabolites*. *Mediators of Inflammation*. Scientific Research Publishing. 2: 63-80. <http://dx.doi.org/10.1155/MI.2005.63>
- Madarro, A., Piñaga, F., Carbonell, J. V. y Peña, J. L. (1981). Deshidratación de frutas y hortalizas con aire ambiente. I. Ensayos exploratorios con zanahorias. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. ISSN 0034-7698, Vol. 21, N°. 4, 1981, págs. 525-533. España.
- Mariga, A. M., Yang, W. J., Mugambi, D. K., Pei, F., Zhao, L. & Shao, Y. (2014). Antiproliferative and immunostimulatory activity of a protein from “*Pleutorus eryngii*”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94, 3152-3162.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. MINAGRI. (15 de febrero del 2017). *Plantación de pino producirá más de 50 mil kilos de hongos comestibles en Incahuasi*. *Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)*. <https://www.serfor.gob.pe/portal/noticias/forestal/plantacion-de-pino-producira-mas-de-50-mil-kilos-de-hongos-comestibles-en-incahuasi>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI. (01 agosto del 2017). *Hongos comestibles “Suillus luteus”*. *Sierra y selva exportadora*.



<http://www.sierraexportadora.gob.pe/programas/forestales/wp-content/uploads/2017/08/HONGOS.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI. (5 de diciembre del 2017). *SERFOR promueve plantaciones forestales en zona fronteriza de Puno. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)*. <https://www.serfor.gob.pe/portal/noticias/serfor-promueve-plantaciones-forestales-en-zona-fronteriza-de-puno>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI. (25 de enero del 2021). *12 mil pinos radiata son donados por el PEBLT a la Provincia de Yunguyo. Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PEBLT)*. <https://pelt.gob.pe/pelt/?p=3745>

Mishkin, M., Saguy, I. & Karel, M. (1984). A dynamic test for kinetic models of chemical changes during processing: ascorbic acid degradation in dehydration of potatoes. *Journal of Food Science*. Volume 49, Issue 5, 1267-1270p. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb14967.x>

Mohammad, R. I. S., Naymul, K., Tao, B., Vemana, G., Tian, D., Chongde, S. & Wei, C. (2019). *Cold plasma pretreatment – A novel approach to improve the hot air drying characteristics, kinetic parameters, and nutritional attributes of shiitake mushroom*. Department of Food Science and Nutrition, National Engineering Laboratory of Intelligent Food Technology and Equipment, Zhejiang Key Laboratory for Agro-Food Processing, Laboratory of Fruit Quality Biology, Zhejiang University, Hangzhou, China. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1683860>

Moreno A. A. G., (2020). *Influencia del tiempo de cosecha en el secado del Hongo (Suillus luteus)*. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Industrias Alimentarias. Lima – Perú.

Nazmi, I., Gokcen, I. & Onur, T. (2018). Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. *CyTA -Journal of Food*. 16:1, 213 – 221. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Faculty of Natural



- Sciences, Architecture and Engineering, Bursa Technical University, Yildirim, Bursa, Turkey. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1381174>
- Özge, S., Yasemin, Ç. & Fuat, B. (2017). *Convective and Microwave Drying of Mushrooms (A. bisporus and P. ostreatus)*. 1 Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Science, Department of Biology, Karacaoğlan Campus, Osmaniye-Turkey. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.3s.54>
- Parra, P. D. (2020). *Determinación de parámetros de osmodeshidratación y deshidratación convectiva de la variedad de piña samba de chanchamayo (Ananas comosus L. mer cv. Samba de chanchamayo)*. Tesis. Para optar el título profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad de San Martín de Porres. Lima – Perú.
- Pérez, G. M. A. (2001). *Deshidratación del hongo comestible (Suillus luteus A.) por flujo de aire caliente*. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Perry, R. y Chilton, C. (1981). *Manual del Ingeniero Químico*. 3ra Edición, Editorial McGraw Hill. Tomo II. Nueva York.
- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca – PEBLT. (2022). *Informe: Análisis de Composición (humedad, proteína, grasa, ceniza, carbohidrato, energía)*. Puno – Perú.
- Quispe, A. A., Calla, V. K., Yangali, V. J. y Pumacayo, P. I. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL*. Enfoque práctico. Editorial EIDEC. Colombia.
- Sadler, M. (2003). *Nutritional properties of edible fungi*. Edit. Nutrition Foundation. *Nutrition Bulletin*. Volume 28, Issue 3, p305-308. <https://doi.org/10.1046/j.14673010.2003.00354.x>
- Sanjuán, N. (1998). *Influencia de las condiciones de proceso y almacenamiento en la calidad del brócoli deshidratado*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.



- Sapers, G. M. (1993). Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. *Journal Food Technology*. Vol. 47, N° 10, 1993, 75-84p.
- Sedano, P. Y. C. (2014). *Evaluación de la carga de bandeja y la velocidad del aire sobre el tiempo de deshidratación y aceptabilidad general de hongo comestible (Suillus luteus A.)*. Tesis de Pregrado. Repositorio de tesis. EAP de Agroindustrias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Simal, S., Femenía, A., Llull, P. & Rosselló, C. (2000). Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. *Journal of Food Engineering*. Volume 43, Issue 2, Pages 109-114. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00139-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00139-9)
- TRADE MAP. (10 de noviembre del 2021). *Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas*. Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado. <https://www.trademap.org/Index>
- Vedder, P. (1986). *Cultivo moderno de champiñon*. Madrid. España: Mudi.
- Velasco, D. y Ponce de León, Y. (2019). *Usos culinarios y características organolépticas del hongo silvestre comestible: Suillus luteus en Pampallacta, región Cusco*. Tesis de pregrado en Gastronomía y Arte culinario. Universidad Le Condon Bleu. <http://repositorio.ulcb.edu.pe/handle/ULCB/55>
- Villagaray, Z. M. C. (2010). *Evaluación del secado del hongo (Boletus luteus) en un secador tipo bandeja*. Tesis para optar el Título de: Ingeniero en Industrias Alimentarias. Repositorio de tesis de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Wang, N. & Brennan, I. (1992). *Effect of water binding on the drying behaviour of potato*. En *Drying 92*, ed. A.S. Mujumdar. Amsterdam.
- Wedzicha, B. L. (1987). Chemistry of sulphur dioxide in vegetable dehydration. *International Journal of Food Science & Technology*. Volume 22, Issue 5, p433-450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb00509.x>



- Xiao, Y., Yuyu, Z., Yan, K., Jing, Z., Ying, S. & Mingquan, H. (2019). Comparative analysis of taste compounds in shiitake mushrooms processed by hot-air drying and freeze drying. *International Journal of Food Properties*. 22:1, 1100-1111. School of Food and Chemical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing, China. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1628777>
- Yuan-Yuan, Z., Jian-Yong, Y., Jin-Feng, B., Qin-Qin, C., Mo, Z. & Biao, Z. (2018). *Improving of texture and rehydration properties by ultrasound pretreatment for infrared-dried shiitake mushroom slices*. Drying Technology. Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agro-products Processing, Institute of Food Science and Technology, Ministry of Agriculture, Beijing, China. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1456449>

ANEXOS

ANEXO 1. Datos de la fase experimental

Tabla 1.A: Resultados del secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a una velocidad de aire caliente de 0.5 m/s

Tiempo (min)	Peso de la muestra (g)								
	EC1 = 0.5 cm			EC2 = 1.0 cm			EC3 = 1.5 cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0 min	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
30 min	76.2	75.0	78.4	80.3	82.9	82.9	86.8	89.0	86.3
60 min	61.7	61.7	65.6	68.1	72.3	72.2	75.8	79.1	77.3
90 min	50.3	49.3	54.9	60.1	62.2	62.5	66.9	70.3	69.5
120 min	41.2	38.2	44.3	51.4	53.1	53.4	58.7	62.6	62.3
150 min	33.4	31.2	36.3	43.4	44.5	45.7	51.2	56.0	55.4
180 min	26.2	25.3	30.4	35.8	36.2	39.2	44.2	49.5	49.3
210 min	20.9	20.8	25.5	29.9	30.4	33.4	38.6	43.8	43.8
240 min	16.7	17.4	20.3	24.6	25.6	28.6	33.6	38.3	38.6
270 min	12.5	14.5	16.8	20.6	21.4	23.8	28.7	33.1	33.5
300 min	9.8	12.6	13.9	17.4	18.4	19.3	24.2	28.5	28.5
330 min	8.4	10.3	11.4	14.3	15.4	16.5	20.3	23.9	23.6
360 min	8.4	8.7	9.5	12.1	12.8	13.3	17.9	19.3	19.8
390 min	8.4	8.7	8.8	10.5	10.3	11.2	15.8	15.3	15.9
420 min	8.4	8.7	8.8	9.0	9.1	9.6	13.4	12.6	13.4
450 min	8.4	8.7	8.8	9.0	9.1	9.6	11.3	10.5	11.5
480 min	8.4	8.7	8.8	9.0	9.1	9.6	10.7	10.1	10.8

Tabla 1.B: Resultados del secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a una velocidad de aire caliente de 1 m/s

Tiempo (min)	Peso de la muestra (g)								
	EC1 = 0.5 cm			EC2 = 1.0 cm			EC3 = 1.5 cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0 min	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
30 min	72.8	68.1	74.4	78.8	78.6	80.3	84.2	85.9	84.0
60 min	56.4	50.6	58.6	64.5	65.3	69.2	72.6	74.2	73.9
90 min	44.2	39.4	46.8	54.6	55.4	58.4	63.9	65.1	66.0
120 min	35.4	31.4	37.0	46.1	46.3	49.1	56.1	58.1	57.1
150 min	26.7	25.3	30.8	38.4	38.3	41.5	49.3	50.6	50.4
180 min	21.1	19.8	25.1	31.2	31.2	35.6	41.9	44.6	44.1
210 min	16.6	16.1	20.3	25.5	24.8	30.3	35.8	38.3	38.7
240 min	12.8	13.5	16.5	21.3	20.4	24.8	30.2	32.4	33.7
270 min	10.6	11.4	13.5	17.6	17.1	20.6	26.1	27.7	28.8
300 min	8.8	8.9	10.7	14.5	13.8	16.7	21.8	22.5	24.6
330 min	7.9	7.5	8.6	11.4	11.4	14.2	18.7	18.6	20.5
360 min	7.9	7.5	7.8	9.3	9.3	11.9	15.6	15.4	17.4
390 min	7.9	7.5	7.8	8.1	7.7	9.6	12.8	12.7	14.8
420 min	7.9	7.5	7.8	8.1	7.7	8.5	11.6	10.5	12.5
450 min	7.9	7.5	7.8	8.1	7.7	8.5	10.5	9.6	10.2
480 min	7.9	7.5	7.8	8.1	7.7	8.5	9.6	9.3	9.6

Tabla 1.C: Resultados del secado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a una velocidad de aire caliente de 1.5 m/s

Tiempo (min)	Peso de la muestra (g)								
	EC1 = 0.5 cm			EC2 = 1.0 cm			EC3 = 1.5 cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0 min	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
30 min	67.4	63.4	67.6	76.4	76.1	77.4	79.7	80.4	81.5
60 min	50.5	46.2	50.4	60.4	60.5	61.5	67.4	67.6	68.8
90 min	36.9	33.5	36.4	47.8	46.4	50.8	55.6	56.8	59.2
120 min	28.3	23.2	27.3	35.8	37.5	42.2	47.5	47.9	51.3
150 min	21.1	16.9	21.6	28.4	31.1	35.1	41.2	40.2	43.7
180 min	15.5	13.4	17.1	22.3	25.3	28.7	36.1	34.2	37.5
210 min	12.7	10.9	14.3	18.3	21.4	22.6	31.4	29.3	31.5
240 min	10.4	8.7	11.5	15.3	17.7	17.9	27.3	25.3	25.8
270 min	8.6	7.3	8.9	12.5	14.5	14.4	23.2	21.7	21.4
300 min	7.4	7.3	7.3	10.8	11.2	11.5	19.6	18.1	17.5
330 min	7.4	7.3	7.3	9.1	8.9	9.2	16.4	15.2	14.3
360 min	7.4	7.3	7.3	7.8	7.6	7.6	13.2	12.6	11.6
390 min	7.4	7.3	7.3	7.8	7.6	7.6	11.2	10.2	10.8
420 min	7.4	7.3	7.3	7.8	7.6	7.6	9.7	9.6	10.3
450 min	7.4	7.3	7.3	7.8	7.6	7.6	9.2	9.2	9.5



Tabla 1.D: Porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a una velocidad de aire caliente de 0.5 m/s

Tiempo (min)	Porcentaje de pérdida de peso (%)								
	EC1 = 0.5 cm			EC2 = 1.0 cm			EC3 = 1.5 cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0 min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30 min	23.8	25.0	21.6	19.7	17.1	17.1	13.2	11.0	13.8
60 min	38.3	38.3	34.4	31.9	27.7	27.8	24.2	20.9	22.7
90 min	49.7	50.7	45.1	39.9	37.8	37.5	33.1	29.7	30.5
120 min	58.8	61.8	55.7	48.6	46.9	46.6	41.3	37.4	37.7
150 min	66.6	68.8	63.7	56.6	55.5	54.3	48.8	44.0	44.6
180 min	73.8	74.7	69.6	64.2	63.8	60.8	55.8	50.5	50.7
210 min	79.1	79.2	74.5	70.1	69.6	66.6	61.4	56.2	56.2
240 min	83.3	82.6	79.7	75.4	74.4	71.4	66.4	61.7	61.4
270 min	87.5	85.5	83.2	79.4	78.6	76.2	71.3	66.9	66.5
300 min	90.2	87.4	86.1	82.6	81.6	80.7	75.8	71.5	71.5
330 min	91.6	89.7	88.6	85.7	84.6	83.5	79.7	76.1	76.4
360 min	91.6	91.3	90.5	87.9	87.2	86.7	82.1	80.7	80.2
390 min	91.6	91.3	91.2	89.5	89.7	88.8	84.2	84.7	84.1
420 min	91.6	91.3	91.2	91.0	90.9	90.4	86.6	87.4	86.6
450 min	91.6	91.3	91.2	91.0	90.9	90.4	88.7	89.5	88.5
480 min	91.6	91.3	91.2	91.0	90.9	90.4	89.3	89.9	89.2

Tabla 1.E: Porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a una velocidad de aire caliente de 1 m/s

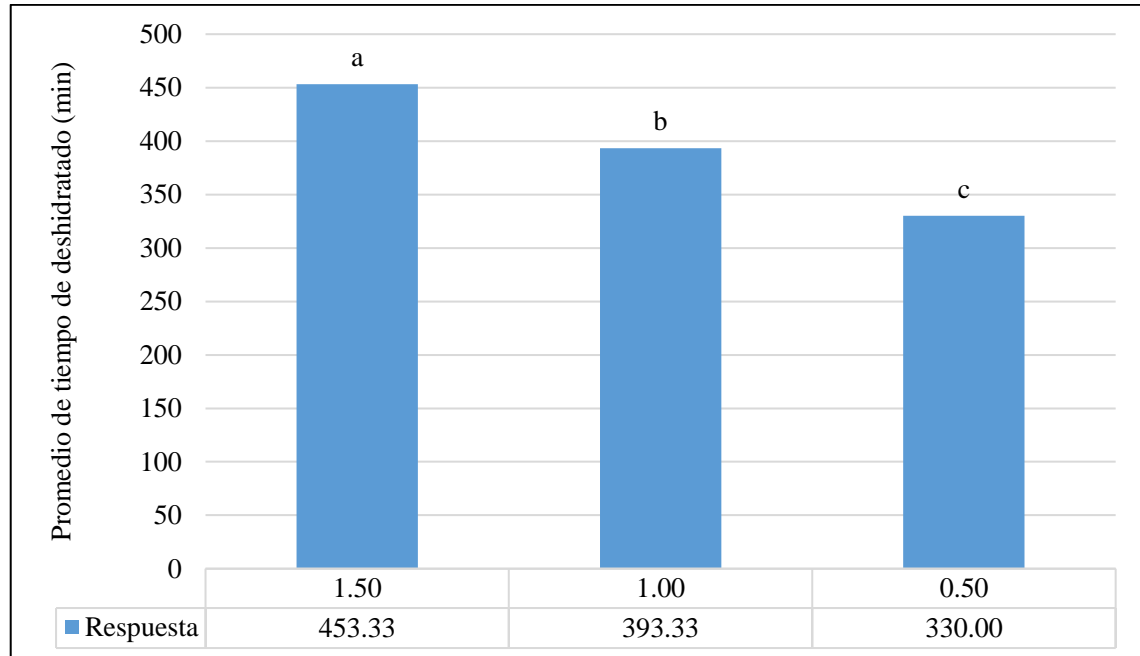
Tiempo (min)	Porcentaje de pérdida de peso (%)								
	EC1 = 0.5 cm			EC2 = 1.0 cm			EC3 = 1.5 cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0 min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30 min	27.2	31.9	25.6	21.2	21.4	19.7	15.8	14.1	16.0
60 min	43.6	49.4	41.4	35.5	34.7	30.8	27.4	25.8	26.1
90 min	55.8	60.6	53.2	45.4	44.6	41.6	36.1	34.9	34.0
120 min	64.6	68.6	63.0	53.9	53.7	50.9	43.9	41.9	42.9
150 min	73.3	74.7	69.2	61.6	61.7	58.5	50.7	49.4	49.6
180 min	78.9	80.2	74.9	68.8	68.8	64.4	58.1	55.4	55.9
210 min	83.4	83.9	79.7	74.5	75.2	69.7	64.2	61.7	61.3
240 min	87.2	86.5	83.5	78.7	79.6	75.2	69.8	67.6	66.3
270 min	89.4	88.6	86.5	82.4	82.9	79.4	73.9	72.3	71.2
300 min	91.2	91.1	89.3	85.5	86.2	83.3	78.2	77.5	75.4
330 min	92.1	92.5	91.4	88.6	88.6	85.8	81.3	81.4	79.5
360 min	92.1	92.5	92.2	90.7	90.7	88.1	84.4	84.6	82.6
390 min	92.1	92.5	92.2	91.9	92.3	90.4	87.2	87.3	85.2
420 min	92.1	92.5	92.2	91.9	92.3	91.5	88.4	89.5	87.5
450 min	92.1	92.5	92.2	91.9	92.3	91.5	89.5	90.4	89.8
480 min	92.1	92.5	92.2	91.9	92.3	91.5	90.4	90.7	90.4

Tabla 1.F: Porcentaje de pérdida de peso durante el deshidratado del hongo comestible (*Suillus luteus*) a una velocidad de aire caliente de 1.5 m/s

Tiempo (min)	Porcentaje de pérdida de peso (%)								
	EC1 = 0.5 cm			EC2 = 1.0 cm			EC3 = 1.5 cm		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0 min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30 min	32.6	36.6	32.4	23.6	23.9	22.6	20.3	19.6	18.5
60 min	49.5	53.8	49.6	39.6	39.5	38.5	32.6	32.4	31.2
90 min	63.1	66.5	63.6	52.2	53.6	49.2	44.4	43.2	40.8
120 min	71.7	76.8	72.7	64.2	62.5	57.8	52.5	52.1	48.7
150 min	78.9	83.1	78.4	71.6	68.9	64.9	58.8	59.8	56.3
180 min	84.5	86.6	82.9	77.7	74.7	71.3	63.9	65.8	62.5
210 min	87.3	89.1	85.7	81.7	78.6	77.4	68.6	70.7	68.5
240 min	89.6	91.3	88.5	84.7	82.3	82.1	72.7	74.7	74.2
270 min	91.4	92.7	91.1	87.5	85.5	85.6	76.8	78.3	78.6
300 min	92.6	92.7	92.7	89.2	88.8	88.5	80.4	81.9	82.5
330 min	92.6	92.7	92.7	90.9	91.1	90.8	83.6	84.8	85.7
360 min	92.6	92.7	92.7	92.2	92.4	92.4	86.8	87.4	88.4
390 min	92.6	92.7	92.7	92.2	92.4	92.4	88.8	89.8	89.2
420 min	92.6	92.7	92.7	92.2	92.4	92.4	90.3	90.4	89.7
450 min	92.6	92.7	92.7	92.2	92.4	92.4	90.8	90.8	90.5

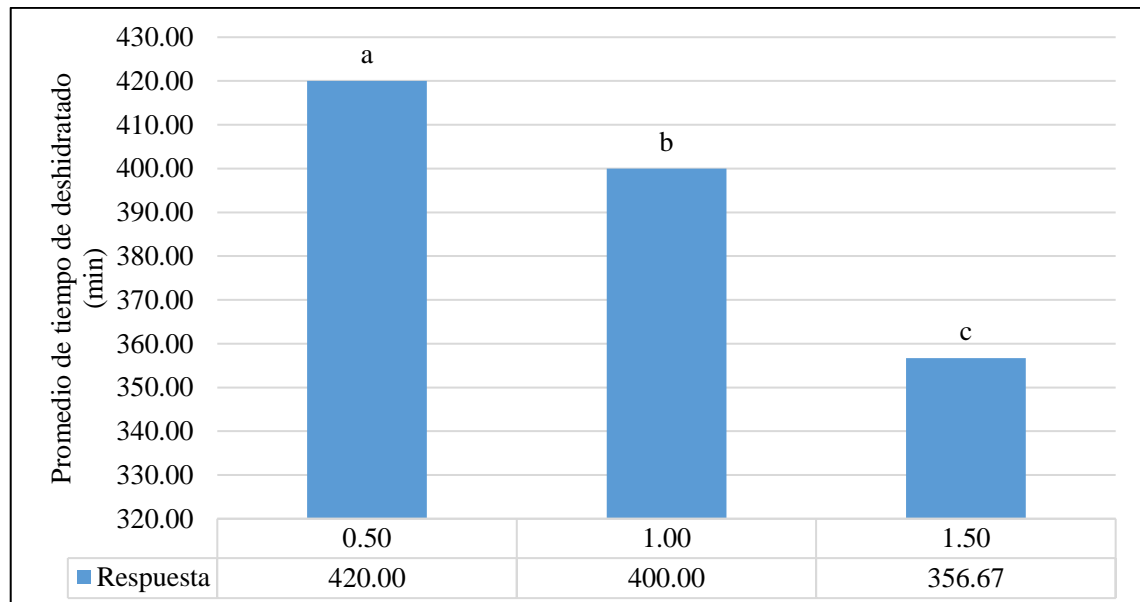
ANEXO 2. Datos obtenidos mediante diseño experimental

Figura 2.A: Prueba de Tukey para factor espesor de corte sobre el tiempo de deshidratado del hongo comestible



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.B: Prueba de Tukey para factor velocidad de aire caliente sobre el tiempo de deshidratado del hongo comestible



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.C: Gráfico de dispersión para porcentaje de pérdida de peso

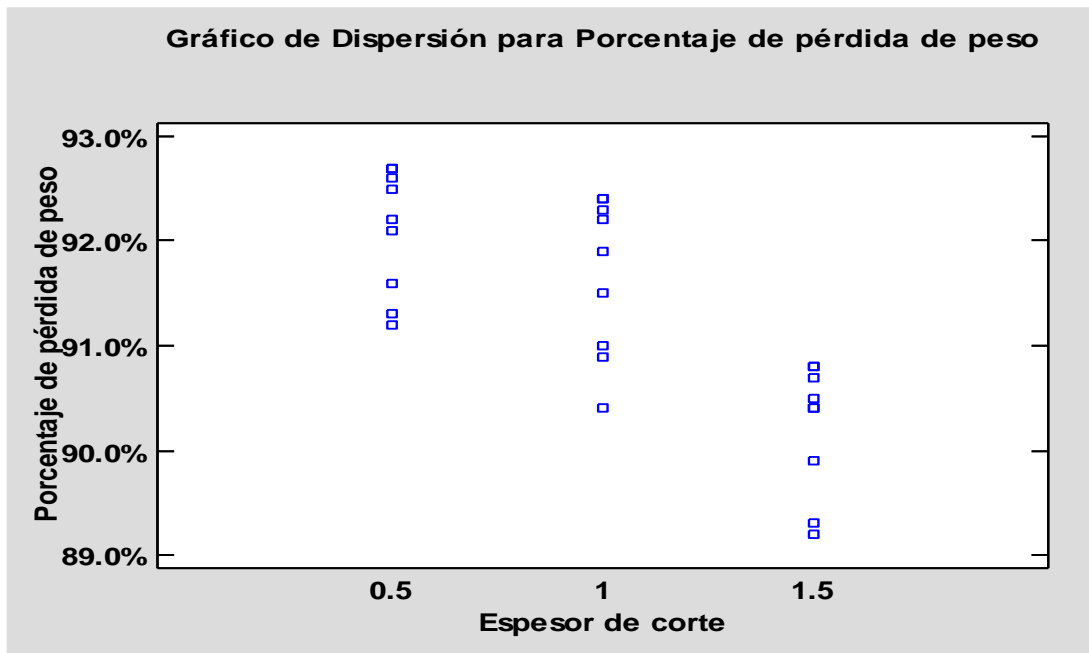


Figura 2.D: Gráfico de medias y 95.0 % Intervalo LSD

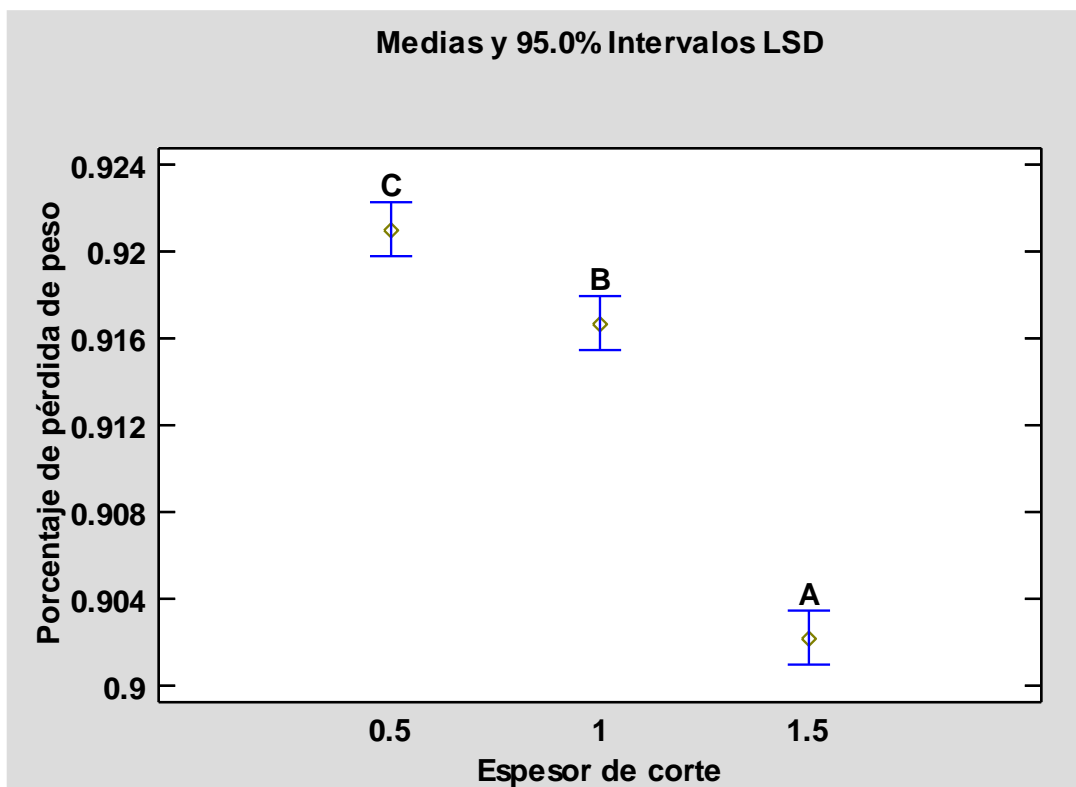
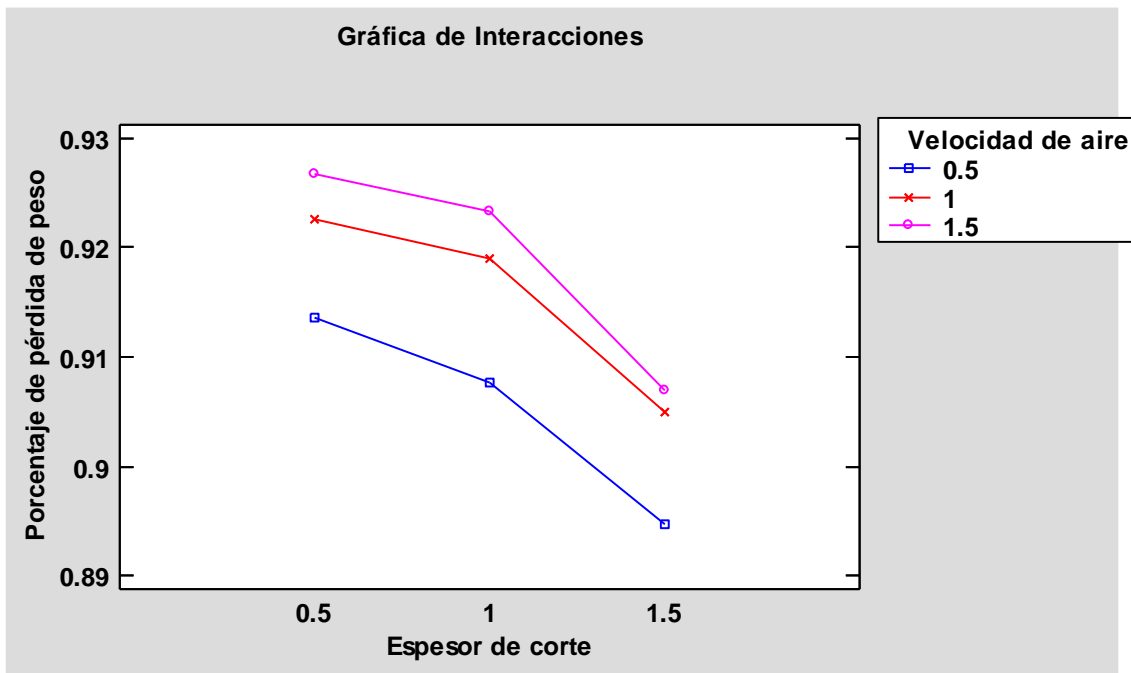


Figura 2.E: Gráfico de Interacciones






ANEXO 3. Manejo documentario para la investigación

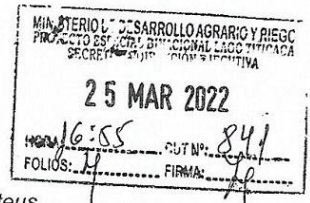
Figura 3.A: Documento presentado y respuesta de la oficina de la PEBLT.





Figura 3.B: Documento presentado y respuesta de la oficina de la PEBLT.

	PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego	Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca
"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres" "Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"		
INFORME N° 197 -2022-MIDAGRI-PEBLT/DDARE		
Para	:	MVZ JULIO WILDER CARCAUSTO ÑAUPA Director Ejecutivo
Asunto	:	Apoyo con muestras de hongos comestibles <i>Suillus luteus</i> .
Referencia	:	Informe N° 0067-2022-MIDAGRI-PEBLT/DDARE-MIDM
Fecha	:	Puno, marzo 25 de 2022.



Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, para informarle lo siguiente:

1. ANTECEDENTES.

- Mediante Informe N° 0067-2022-MIDAGRI-PEBLT/DDARE el Responsable de la Meta 009 Manejo Integrado de Microcuencas autoriza la recolección de muestras de hongos por parte del señor Luis Francisco Zapana Salcedo, en base al pedido efectuado por éste último

2. ANALISIS.

- Toda vez, que la finalidad de la Meta 009 es reducir la degradación de suelos en los ecosistemas en diferentes microcuencas, encontrándose dentro de ellas Yunguyo.
- El pedido efectuado por el señor Luis Francisco Zapana Salcedo, radica básicamente en la recolección de hongos para su trabajo de investigación.
- Quedando implícito que el pedido se encuentra dentro de las actividades de la Meta 009 el Responsable de la Mencionada Meta autoriza la recolección solicitada y que esta Dirección de liena aprueba, debiendo emitir los resultados de la investigación al PEBLT.

3. CONCLUSIONES:

Se autoriza la recolección de hongos comestibles *Suillus luteus* al solicitante, sin embargo, deberá remitir los resultados obtenidos una vez concluida su investigación.

4. RECOMENDACIONES

- Se notifique al solicitante mediante carta.

Es cuanto informo para su conocimiento y fines consiguientes.

Atentamente,


MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA
DIRECCIÓN DE DESARROLLO AGROECONÓMICO Y
RECONSTRUCCIÓN DE ECOSISTEMAS
Mg. MVZ. Nilton N. Pérez Smith
CMVP. 5768
DIRECTOR

Incl/ 3 folios
c.c/ Archivo
NNPS/mizo.

CUT: 00000841-2022-PEBLT

Av. La Torre N° 399 - Puno
Teléfono (051) 208440
www.pelt.gob.pe
www.midagri.gob.pe





Figura 3.C: Documento presentado a la EP Ingeniería Agroindustrial, UNAP.

Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROINDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

RECIBIDO

06 ABR. 2022

FOLIO: 04	HORA: 11:30 am	OTRO:
-----------	----------------	-------

SOLICITO: Uso de laboratorios para ejecución de proyecto de Tesis N° 2021-1656.

Señor.
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Presente.-

De mi consideración:

Yo, **Luis Francisco ZAPANA SALCEDO**, identificado con DNI N° 70166140, domiciliado en el Jr. San Miguel N° 167, del Distrito y Provincia de Yunguyo, de la región Puno, ante Ud., con el debido respeto me presento y expongo:

Que, teniendo la necesidad de ejecutar mi proyecto de tesis N° 2021-1656, denominado “DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE CORTE DEL HONGO COMESTIBLE (SUILLUS LUTEUS) Y LA VELOCIDAD DE AIRE CALIENTE DEL SECADOR PARA EL MENOR TIEMPO DE DESHIDRATADO” para desarrollar el borrador de tesis y posteriormente obtener el título profesional, es que **SOLICITO** los permisos administrativos necesarios para el uso del “Laboratorio de Pos Cosecha” y “Laboratorio de Ingeniería”. Para el trámite de la misma, adjunto lo siguiente:

- Copia del documento nacional de identidad a folios 01.
- Copia del Acta de Aprobación de Proyecto de Tesis a folios 01.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a Ud. Sr. DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL acceder a mi petición por ser justo y legal.

Puno, 06 de abril del 2022

PASE A Responsable del Laboratorio de Ingeniería y Pos cosecha
Atentamente,

PARA Su atención

Firma

Puno, C.U. 06 de Abril del 2022 Luis Francisco Zapana Salcedo
DNI: 70166140

Ing. M.Sc. César Paul Laqui Vilca
DIRECTOR DE ESCUELA
E.P. DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4. Panel fotográfico de la investigación realizada

Figura 4.A: Bosque de Pinos (*Pinus radiata*) en el C.P. de Laje



Figura 4.B: Producción de Hongos comestibles (*Suillus luteus*)



Figura 4.C: Bosque de Pinos de la Asociación de Productores Ecológicos del CP Laje



Figura 4.D: Recolección de Hongos comestibles (*Suillus luteus*)



Figura 4.E: Cosecha de Hongos comestibles (*Suillus luteus*) en canastas de PP



Figura 4.F: Equipo secador de lecho fijo



Figura 4.G: Selección de hongos comestibles (*Suillus luteus*) según su estado



Figura 4.H: Vernier para medir espesor



Figura 4.I: Balanza analítica



Figura 4.J: Pelado de la seta del hongo comestible (*Suillus luteus*)



Figura 4.K: Pre tratamiento de las setas



Figura 4.L: Control de espesor de corte de la seta (1.5cm; 1.0cm; 0.5cm)



Figura 4.M: Setas cortadas a diferentes espesores (1.5cm; 1.0cm; 0.5cm)



Figura 4.N: Embandejado de setas



Figura 4.Ñ: Inicio de tratamientos



Figura 4.O: Control de peso



Figura 4.P: Setas deshidratadas



Figura 4.Q: Embolsado en PEAD.





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo LUIS FRANCISCO ZAPANA SALCEDO,
identificado con DNI 70166140 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

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

“ EFFECTO DEL ESPESOR DE CORTE DEL HONGO COMESTIBLE (*Suillus luteus*) Y LA

VELOCIDAD DE AIRE CALIENTE DEL SECADOR DURANTE EL DESHIDRATADO ”

Es un tema original.


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

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

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

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

Puno 22 de abril del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo LUIS FRANCISCO ZAPANA SALCEDO,
identificado con DNI 70166140 en mi condición de egresado de:

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

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

“ EFFECTO DEL ESPESOR DE CORTE DEL HONGO COMESTIBLE (*Suillus luteus*) Y LA VELOCIDAD DE AIRE CALIENTE DEL SECADOR DURANTE EL DESHIDRATADO ”

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

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

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

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


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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de abril del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella