

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Evaluación de componentes bioactivos, capacidad antioxidante y análisis proximal del micelio de hongo (*Pleurotus ostreatus*) desarrollados en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

Presentado por:

Carlos Junior Monzón Cruz

Para optar título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“EVALUACIÓN DE COMPONENTES BIOACTIVOS, CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE Y ANÁLISIS PROXIMAL DEL MICELIO DE HONGO (*Pleurotus
ostreatus*) DESARROLLADOS EN QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*)”

Presentado por **Carlos Junior Monzón Cruz**, para optar el Título de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Sustentado y aprobado el 07 de marzo del 2023, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres

Primer Miembro:



Ph. D. Lucy Marisol Guanuchi Orellana

Segundo Miembro:



Dr. Fulgencio Vilcanqui Pérez

Asesora:



Mg. Gladys Marilú Castro Pérez

Agradecimiento

Mi gratitud y agradecimiento infinito a mi linda Madre Marcelina Cruz Vda. de Monzón por siempre forjarme en el camino de superación constante y lucha diaria. Seguidamente mi sincero reconocimiento a mi asesor Mag. Blga. Gladys Marilú Castro Pérez por brindarme su asesoramiento magistral y contribución científica en el proyecto de investigación.

Finalmente valoro a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial por darme las facilidades de acceso al Laboratorio de Microbiología donde se desarrollaron las primeras etapas experimentales.



Dedicatoria

Mi proyecto de investigación está dedicado a mis padres Miguel Monzón Camacho y Marcelina Cruz por darme la vida y encaminarme hacer mejor profesional y a tomar retos oportunidades y ser una persona arriesgada cada día.

A mis hermanos Carlos, Rosario, Carlos Ildauro, Carlos Miguel, Carlos Frank por su ejemplo y soporte en cada momento.

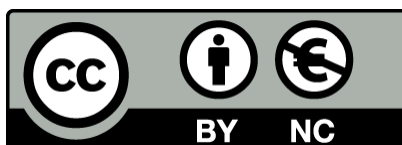
A mis sobrinas Isabella Marcelina, Isabella Caroline por ser parte de mi vida y darme alegrías en cada momento.



Evaluación de componentes bioactivos, capacidad antioxidante y análisis proximal del micelio de hongo (*Pleurotus ostreatus*) desarrollados en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRAC	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación.....	7
2.1.1 Objetivo general.....	7
2.1.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación.....	7
2.2.1 Hipótesis general.....	7
2.2.2 Hipótesis específicas.....	8
2.3 Operacionalización de variables.....	8
Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes.....	9
3.2 Marco Teórico.....	12
3.2.1 Características generales del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	12
3.2.2 Descripción taxonómica.....	13
3.2.3 Valor nutritivo y funcional de <i>Pleurotos ostreatus</i>	13
3.2.4 Características generales de la quinua.....	16
3.2.5 Aplicaciones de la fermentación en fase sólida.....	17



3.2.6	La fermentación y metabolitos secundarios	18
3.2.7	Efecto de los antioxidantes en los radicales libres.....	19
3.2.8	La Vitamina C, funciones biológicas.....	19
3.2.9	Compuestos fenólicos y su función biológica	21
3.2.10	Características generales de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>)	22
3.2.11	Clasificación taxonómica de la quinua	23
3.2.12	Estructura del grano de quinua	24
3.2.13	Composición química de la quinua.....	25
3.3	Marco conceptual.....	29
CAPÍTULO IV.....		31
METODOLOGÍA.....		31
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	31
4.2	Diseño de investigación	31
4.3	Población y muestra.....	31
4.3.1	Población	31
4.3.2	Muestra	32
4.4	Procedimiento	32
4.4.1	Producción del microorganismo (micelio)	32
4.4.2	Acondicionamiento de granos de quinua.....	32
4.4.3	Procedimiento de la fermentación en estado sólido	33
4.4.4	Toma de muestra para análisis.....	33
4.4.5	Determinación de proteínas totales.....	33
4.4.6	Determinación de carbohidratos	33
4.4.7	Determinación de grasa	33
4.4.8	Determinación de cenizas	33
4.4.9	Determinación de Vitamina C	34
4.4.10	Preparación del extracto	34
4.4.11	Determinación del contenido de polifenoles totales.....	34
4.4.12	Capacidad Antioxidante.....	35
4.5	Técnicas e instrumentos.....	36



4.6 Análisis estadístico	36
CAPÍTULO V	38
RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
5.1 Análisis de resultados	38
5.1.1 Principales componentes nutricionales de la quinua fermentada con micelio <i>Pleurotus Ostreatus</i>	38
5.2 Contrastación de hipótesis	49
5.3 Discusiones	49
CAPÍTULO VI.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6.1 Conclusiones.....	55
6.2 Recomendaciones	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	65



ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables	8
Tabla 2 — Contenido nutricional del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i>	14
Tabla 3 — Análisis proximal en cereales y granos en g/100g de alimentos	26
Tabla 4 — Composición, nutricional en los granos de quinua g/100 g de materia seca	27
Tabla 5 — Contenido promedio de las características nutricionales del producto fermentado	39
Tabla 6 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido proteínas totales	40
Tabla 7 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de proteínas	40
Tabla 8 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido grasas ..	41
Tabla 9 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de grasas ...	42
Tabla 10 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido cenizas	43
Tabla 11 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de cenizas	43
Tabla 12 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido polifenoles totales	44
Tabla 13 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de polifenoles totales	44
Tabla 14 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en la capacidad antioxidante de quinua fermentada	45
Tabla 15 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en la capacidad antioxidante de quinua fermentada	46



Tabla 16 — Análisis de Varianza del efecto del tiempo de fermentación en el contenido de vitamina c.....	47
Tabla 17 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de vitamina	47
Tabla 18 — Compuestos bioactivos, vitamina c y capacidad antioxidante de quinua fermentadas con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	48



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Contenido de proteínas en muestras de quinua fermentada con micelio del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>	66
Figura 2 — Evaluación del contenido de carbohidratos en muestras de quinua fermentada con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	66
Figura 3 — Evaluación del contenido de grasa en muestras de quinua fermentada con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	67
Figura 4 — Contenido de cenizas en muestras de quinua fermentada con el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	67
Figura 5 — Contenido de polifenoles totales en muestras de quinua fermentada con el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	68
Figura 6 — Capacidad antioxidante en muestras de quinua fermentada con el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	68
Figura 7 — Contenido de vitamina C en muestras de quinua fermentada con el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	69
Figura 8 — Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> mantenido en cepario del Lab. Microbiología E.A.P. Ingeniería Agroindustrial – UNAMBA	70
Figura 9 — Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> Lab. Microbiología E.A.P. Ingeniería Agroindustrial – UNAMBA	70
Figura 10 — Cultivo del micelio del hongo (<i>Pleurotus ostreatus</i>) en medios de cultivo	71
Figura 11 — Desarrollo del micelio en medios de cultivo (14 días de incubación)	71
Figura 12 — Acondicionamiento de la quinua en frascos de vidrio de 250 g/frasco	72
Figura 13 — Inoculación Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	72
Figura 14 — Tratamiento térmico, esterilización	73
Figura 15 — Fermentación en fase sólida del micelio del <i>Pleurotus ostreatus</i> en granos de quinua (diez días)	73



Figura 16 — Fermentación en fase sólida de micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> en granos de quinua (60 días	74
Figura 17 — Cosecha de los granos de quinua fermentado con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	74
Figura 18 — Muestras de quinua fermentado con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> ...	75
Figura 19 — Total de muestras de quinua fermentado con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	75
Figura 20 — Verificación de muestras de quinua fermentado con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	76
Figura 21 — Verificación del total de muestras de quinua fermentado con micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , Universidad Nacional Agraria la Molina	76
Figura 22 — Informe de ensayo N° 001330-2019 de 0 días.....	77
Figura 23 — Informe de ensayo N° 001334-2019 de 10 días.....	78
Figura 24 — Informe de ensayo N° 001325-2019 de 20 días.....	79
Figura 25 — Informe de ensayo N° 001326-2019 de 30 días.....	80
Figura 26 — Informe de ensayo N° 001327-2019 de 40 días.....	81
Figura 27 — Informe de ensayo N° 001328-2019 de 50 días.....	82
Figura 28 — Informe de ensayo N° 001329-2019 de 60 días.....	83



INTRODUCCIÓN

La quinua, (*Chenopodium quinoa* Willd) es una especie originaria de la región andina de América del Sur. Las semillas de quinua son una fuente de alimentos excepcionalmente nutritiva. La fermentación es una alternativa actual para la producción de compuestos altamente nutritivos y con características bioactivas alimentos destinados al consumo humano. Existente evidencias científica que indican que la fermentación mejora las propiedades biológicas de semillas, granos, tubérculos y otros (CHOUHAN et al., 2019). *Pleurotus ostreatus* es una especie de hongo comestible, con propiedades medicinas y de amplia aplicación en la biotecnología, debido a la gran diversidad de su complejo enzimático capaz de degradar diversos productos agrícolas (PLATT et al., 1984; Cohen et al., 2012). Algunas especies de hongos y levadura son de interés para la fermentación en estado sólido, debido a que estos organismos requieren muy baja humedad y el proceso es de bajo costo, ventajas importantes de esta tecnología (ELIOPOULOS et al., 2021). La quinua caracterizada por su valioso valor nutritivo en comparación a los cereales. Su propiedades funcionales son importantes por su alto contenido de minerales, vitaminas, ácidos grasos y capacidad antioxidante, además contiene aminoácidos esenciales, está libre de gluten y alto contenido de muchos minerales como Ca, Mg, Fe y otros componentes que promueven el sistema inmunológico la (Vega-Gálvez et al., 2010; Ruiz et al., 2014). Siendo los indicadores sociales más álgidos la desnutrición crónica, la anemia y la pobreza en la región de Apurímac [ENDES, 2015]. En la región de Apurímac la pobreza se observó en un 42,8%, la desnutrición crónica en menores de cinco años con 27,3%, y anemia en menores de 3 años con 56,8% (INEI, 2014). A fecha estos datos se han reducido ligeramente entre el año 2019 y 2020, donde la desnutrición crónica se presentó en un 22,7%, en niñas niño menores de cinco años de edad del área periférica rural (ENDES, 2020)

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo: Evaluar el efecto de la fermentación en estado sólido del hongo *Pleurotus ostreatus*, en el contenido nutricional y funcional de granos de quinua.



RESUMEN

En este estudio, se empleó granos de *Chenopodium quinoa* como sustrato para la fermentación en fase sólida (FFS) con *Pleurotus ostreatus*, una técnica alimentaria empleada para prolongar la vida útil y mejorar las cualidades nutricionales y bioactivas del producto. El presente proyecto de investigación tiene como objetivo: Evaluar el efecto de la fermentación en estado sólido del hongo *P. ostreatus*, en el contenido nutricional y funcional de granos de quinua. Las variables de respuesta evaluadas fueron: el contenido de proteínas, carbohidratos, cenizas, grasas, contenido fenólico totales, vitamina C y capacidad antioxidante en muestras fermentadas y quinua pura (QP). Las condiciones de fermentación se optimizaron mediante el diseño factorial y para la comparación de medias el ANOVA y prueba de Tukey. Los resultados de la FFS mostraron mayor contenido de proteínas a los 60 días con 20.62 g/100g, con un incremento significativo en 32.56% más que el control (QP) 16.04mg/100g., existiendo diferencias significativas. El contenido de carbohidratos totales sufrió una disminución estadísticamente significativa ($P < 0.05$), reduciéndose de 60.30 g/100g a 38.20g/100g (día cero y 60 días de incubación, respectivamente). El contenido de polifenoles totales y vitamina C con 8.82 y 212.51 mg/100g, la QP presentó vitamina C 0.010 y polifenoles totales 63.13 mg/100g. La capacidad antioxidante a los 60 días de incubación fue 1465.54 $\mu\text{MolTE}/100\text{g}$ (superior en 39.96%) con respecto a la QP (957.15 $\mu\text{MolTE}/100\text{g}$). Por lo tanto, los resultados demuestran que la FFS de la quinua fermentada con *P. ostreatus* permitió un incremento significativo de las propiedades nutricionales y funcionales, este producto sería una alternativa prometedora y tentadora para la alimentación humana.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, componentes nutricionales, *Chenopodium quinoa*, fermentación fase sólida, *Pleurotus ostreatus*



ABSTRAC

In this study, *Chenopodium quinoa* grains were used as a substrate for solid phase fermentation (FFS) with *Pleurotus ostreatus*, a food technique used to prolong shelf life and improve the nutritional qualities of the product. The fermentation conditions were optimized by means of the factorial design and for the comparison of means the ANOVA and Tukey's test. The response variables evaluated were: the content of proteins, carbohydrates, ashes, fats, total phenolic content, vitamin C and antioxidant capacity in fermented samples and pure quinoa (QP). The results of the FFS showed a higher protein content at 60 days with 20.62 g/100g, with a significant increase of 32.56% more than the control (QP) 16.04mg/100g. The total carbohydrate content suffered a statistically significant decrease ($P < 0.05$), reducing from 60.30 g/100g to 38.20g/100g (day zero and 60 days respectively). The content of total polyphenols and vitamin C with 8.82 and 212.51 mg/100g, the QP presented vitamin C 0.010 and total polyphenols 63.13 mg/100g. The antioxidant capacity at 60 days of incubation was 1465.54 $\mu\text{MolTE}/100\text{g}$ (39.96% higher) with respect to QP (957.15 $\mu\text{MolTE}/100\text{g}$). Therefore, the results show that the FFS of quinoa fermented with *Pleurotus ostreatus* allowed a significant increase in nutritional and functional properties, this product would be a promising and tempting alternative for human consumption.

Keywords: Antioxidant capacity, nutritional components, *Chenopodium quinoa*, solid phase fermentation, *Pleurotus ostreatus*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la actualidad la alimentación en zonas alto andinas es precaria, existiendo poblaciones vulnerables, la alimentación basada en dietas bajas en proteína que conllevan a la desnutrición y a esto se agregan la falta de alimentos ricos en vitaminas, minerales y compuestos bioactivos. Según INEI, (2014), señalan que los indicadores sociales más críticos son los que frenan el desarrollo en la Región de Apurímac son la pobreza con 42.8%, la desnutrición crónica infantil 27.3% y la anemia en menores de 36 meses con 56.8%. El informe de los años 2019 y 2020 para Apurímac menciona que la desnutrición afectó en un 22,7% (este dato se redujo relativamente en un 4,6%) a niños y niñas menores de cinco años del área rural y en el área urbana se presentó en un 10,4% (ENDES, 2020). Siendo indispensable la dotación de alimentos altamente nutritivos y funcionales en esta etapa de desarrollo infantil y durante la gestación. El contenido de compuestos bioactivos, como la vitamina C juega un papel vital en la síntesis de colágeno, siendo esta vitamina también importante en la prevención de enfermedades infecciosas y deficiencias inmunológicas (Ibarra et al., 2006). Por lo que la fermentación en estado sólido con microorganismo, tiene grandes ventajas por su bajo costo, ya que quiere baja humedad, mejor estabilidad del productos y rendimiento.(Starzyńska-Janiszewska *et al.*, 2017). Motivos por los cuales se presenta los siguientes planteamientos de problemas:

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del tiempo de fermentación en estado sólido por del hongo *Pleurotus Ostreatus* en el contenido nutricional y funcional de granos de quinua?



1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas y cenizas, en granos de quinua fermentadas con el hongo *Pleurotus Ostreatus* durante seis periodos de fermentación?
- ¿Cuál es el contenido de Compuestos Fenólicos y vitamina C en granos de quinua fermentadas con el hongo *Pleurotus Ostreatus* durante seis periodos de fermentación?
- ¿Cuál es la capacidad antioxidante en granos de quinua fermentadas con el hongo *Pleurotus Ostreatus* durante seis periodos de fermentación?

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad la biotecnología de la fermentación se emplea como una alternativa para la obtención de alimentos para el consumo humano mediante la utilización de microorganismos. En esta investigación se empleó la fermentación en fase sólida (FFS) para producir biomasa fúngica del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en semillas de quinua. La fermentación permite obtener productos nutritivos, con cualidades digestibles, con sabores aceptables; actualmente se emplea para producir metabolitos secundarios como las enzimas comerciales (amilasa y proteasa), alimentos biológicamente activos, siendo muy usuales en China y Japón como la salsa de soya y también permite prolongar la vida útil (SINGHANIA et al., 2009; CHOUHAN et al., 2019)

El alto valor nutricional que posee *P. ostreatus* le ha permitido ser catalogado como la carne vegetal, porque presenta el doble del contenido proteico que los vegetales tradicionales, debido a que presentan un complejo enzimático como la celulasa, amilasa y hemicelulosa (PLATT et al., 1984). La especie *P. ostreatus*, es un hongo con cualidades medicinales y de mucha importancia en la biotecnología. Esta especie se desarrolla también sub productos agrícolas, restos de madera, cáscaras y otros (Cohen et al., 2012)(BAARS, 2018). Por otro lado, la quinua es grano andino propio de la región de Apurímac considerado como un alimento necesario y tradicional en la dieta de las comunidades campesinas se caracteriza por su elevado contenido proteico, alto contenido en grasa poliinsaturadas y minerales (VILCACUNDO & HERNÁNDEZ-LEDESMA, 2017). El contenido proteico de la quinua oscila entre 12 a 16% dependiendo de su variedad, destaca por su contenido de leucina e isoleucina aminoácidos esenciales, libre de gluten. Valores que superan a otras semillas como el arroz, cebada, maíz y centeno



(REPO-CARRASCO et al., 2003). El presente proyecto de investigación se realizó con la finalidad de proponer un producto innovador con propiedades nutricionales y funcionales destinados para la alimentación de los pobladores y principalmente a la población infantil de Apurímac y grupos de alto riesgo. Con esta propuesta la UNAMBA, como parte de sus funciones debe dar una solución a los diferentes problemas que acarrear nuestra región principalmente en la seguridad alimentaria.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del tiempo de fermentación en estado sólido del hongo *Pleurotus Ostreatus*, en el contenido nutricional y funcional de granos de quinua.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas y cenizas, en granos de quinua fermentadas con el hongo *Pleurotus Ostreatus*, durante 10, 20, 30, 40, 50, 60 días de fermentación.
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos y vitamina C en granos de quinua fermentadas con el hongo *Pleurotus Ostreatus*, durante 10, 20, 30, 40, 50, 60 días de fermentación..
- Evaluar la capacidad antioxidante en granos de semillas de quinua fermentadas con el hongo *Pleurotus Ostreatus*, durante 10, 20, 30, 40, 50, 60 días de fermentación.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La fermentación en estado sólido por el hongo *Pleurotus Ostreatus*, influye significativamente en el contenido nutricional, proximal y funcional de granos de quinua.



2.2.2 Hipótesis específicas

- El contenido de proteínas, carbohidratos, grasas y cenizas, en granos de quinua fermentadas durante seis periodos de fermentación con el hongo *Pleurotus Ostreatus* es significativo.
- El contenido de compuestos fenólicos y vitamina con granos de quinua fermentadas durante seis periodos de fermentación con el hongo *Pleurotus ostreatus* es muy significativo.
- La capacidad antioxidante en granos de quinua fermentadas durante seis periodos de fermentación con el hongo *Pleurotus ostreatus* es significativo

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>Variable Independiente:</p> <p>Tiempo de fermentación de <i>Pleurotus Ostreatus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Granos de quinua • Inóculo: <i>Pleurotus ostreatus</i> • Tiempo de fermentación 	<p>250 g</p> <p>1cm²</p> <p>Días (10 a 60)</p>
<p>Variables Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenido de proteínas, carbohidratos, cenizas y grasa. • Contenido de vitamina C • Compuestos fenólicos • Capacidad Antioxidante 	<p>Valor nutricional de muestras fermentadas:</p> <p>Componentes bioactivos y capacidad antioxidante:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • g/100g muestra • mg/100g • mg de Acido Gálico Equival/100g • umol de Trolox Equival/100g



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

ZHAI *et al.*, (2015), en su investigación determinaron “Los efectos de la fermentación en estado sólido (FES) por el hongo *Agaricus blazei* Murrill (ABM) sobre los componentes nutricionales y las propiedades antioxidantes de semillas” emplearon semillas de trigo, arroz, avena, maíz, mijo, mijo perla y el sorgo. Los resultados mostraron que los contenidos de componentes nutricionales en los cereales fermentados variaron con el tiempo de fermentación. Después de la fermentación en estado sólido (SSF) de *A. blazei*, las tasas de fenoles totales en el mijo mejoró, así como el contenido de nitrógeno de aminoácidos y el contenido de proteína soluble fueron las más altas, con 4,03, 12,04 respectivamente, con 10,37 veces más alta que el control (testigo); las tasas de proteínas de trigo mejoró, la proteína total y contenido de azúcares reductores fueron las más altas, con 0.32 y 100.77 veces mayores que la del control. Los cereales fermentados, fueron significativamente más elevadas que el control después de la fermentación con *A. blazei*.

GÜNÇ ERGÖNÜL ET AL., (2013), en su investigación: Fatty acid compositions of six wild edible mushroom species, mencionan que, los hongos comestibles pueden considerarse alimentos saludables y bajos en grasa. En la presente investigación: Evaluaron las composiciones de ácidos grasos de los cuerpos frutales de seis especies de hongos silvestres comestibles (*Boletus reticulatus*, *Flammulina velutipes* var. *velutipes*, *Lactarius salmonicolor*, *Pleurotus ostreatus*, *Polyporus squamosus* y *Russula anthracina*). Las composiciones de ácidos grasos fueron diferentes entre todas las especies. Los niveles de ácidos grasos insaturados fueron más altos que los saturados. El ácido linoleico fue el principal ácido graso detectado en todas las especies.

YANG *et al.*, (2020), señalan que la torta de soya, es un subproducto del procesamiento de la soja, todavía contiene muchos nutrientes. En esta investigación, emplearon la fermentación en estado sólido con *Ganoderma lucidum* y *Lentinus edodes* (shiitake). La



actividad antioxidante y los contenidos de compuestos bioactivos en *G. lucidum* con okara fermentada (GLFO) y *L. edodes* con okara fermentada (LEFO) fueron evaluados. Los resultados demostraron que la fermentación en estado sólido mejoró significativamente la actividad antioxidante y los niveles de compuestos bioactivos. Los resultados relacionados con GLFO fueron superiores a los de LEFO. Los resultados demuestran que los productos de okara son efectivos para tratar la osteoporosis posmenopáusicas en humanos.

LI et al., (2016), en su investigación utilizaron como sustrato para la fermentación con el hongo *Morchella esculenta* la cuajada de soja, evaluaron las propiedades fisicoquímicas de la cuajada de soja fermentada (FSCR) y compararon con la cuajada de soja sin fermentar (USCR). Las características químicas estuvieron representadas por composición proximal, aminoácidos libres, polisacáridos, polifenoles totales, pH y acidez titulable. Los resultados experimentales indicaron que el FSCR muestra una mayor termo estabilidad, estructura porosa y homogénea. Además, los contenidos nutricionales de FSCR aumentaron significativamente en comparación con las muestras no fermentadas (USCR), los polifenoles totales fueron (de $5,99 \pm 0,27$ a $7,70 \pm 0,18$ mg/g). Este estudio sugirió que la fermentación por *M. esculenta* puede ser un enfoque eficaz para aumentar el potencial de utilización de los residuos de cuajada de soja.

ELIOPOULOS et al., (2021), en su investigación aplican la fermentación en estado sólido (FES) como un bioproceso donde se mejora el valor nutricional de residuos de grano de cervecía (BSG) para su uso posterior como alimento para animales. Emplearon micelio del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Los resultados demostraron un aumento significativo del contenido de proteínas en peso seco (% DW), al día 0 fue de 16,73 %, alcanzando un 25,01 % al día 12. El contenido de celulosa mostró una fluctuación durante el proceso, reduciéndose ligeramente de 21,10% (día 0) a 18,69% (día 12). *P. ostreatus* excreta enzimas hidrolíticas (lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa) que muestran el potencial de degradar las materias primas lignocelulósicas. Esto puede ser racionalizado considerando que *P. Ostreatus* consume azúcares fermentables como fuente de energía para su crecimiento.

XU et al., (2019), evaluar los efectos de la fermentación en estado sólido (SSF) a 25 °C durante 35 días de incubación con tres especies de hongos (*Helvella lacunosa* X1,



Agaricus bisporus AS2796 y *Fomitiporia yanbeiensis* G1) sobre el valor nutricional y las propiedades antioxidantes de la quinua. Como resultado, mostraron que los componentes nutricionales de la quinua fermentada variaron con las cepas iniciadoras. Entre los tres hongos iniciadores, AS2796 proporcionó el mayor contenido de proteína (28,46 g/100 g), que fue 2,34 veces mayor que el control (quinua sin fermentar); el hongo F.G1 arrojó los valores más bajos de almidón soluble y grasa cruda (18,46 g/100g y 3,31 g/100g), los cuales fueron 35,2 % y 58,5 % inferiores al control, respectivamente; y el hongo hx1 dio el mayor contenido de azúcar reductor (5,62 g/100 g), que fue 5,50 veces superior al del control. Los compuestos fenólicos totales de la quinua fermentada por AS2796 alcanzaron su valor máximo (1,38 mg/g, 35 días), que fue 1,97 veces mayor que el control. Los bioinoculantes de las tres especies de hongos durante el tiempo de fermentación dieron como resultado un cambio significativo en las actividades antioxidantes.

STARZYNSKA-JANISZEWSKA et al.,(2017), emplearon semillas de quinua roja y negra sin fermentar y fermentadas en estado sólido previa cocción, con *Neurospora intermedia* DSM 1265, un hongo filamentoso Ascomicota. El nivel de proteína en las semillas crudas fue en promedio 124g/kg de peso seco. La fermentación provocó un mayor enriquecimiento en proteínas, en un 13% y hasta en un 36% en el caso de los productos de quinua negra y roja, respectivamente. La quinua fermentada se enriqueció en carotenoides (6,5 veces) y riboflavina (cinco veces). Las semillas crudas tenían alrededor de 784 g de carbohidratos en un kilogramo de masa seca, reduciéndose ligeramente por el procesamiento, en promedio un 6 %. El nivel de fenoles solubles totales medidos en la quinua cruda y precocida fue significativamente mayor en el caso de las semillas rojas. El producto elaborado con el uso de semillas de quinua roja se caracterizó por una composición nutricional y un potencial antioxidante más favorables, en comparación con la quinua negra.

SHI et al.,(2012), evaluaron la producción de polifenoles totales por fermentación en estado sólido, con *Pleurotus Ostreatus* utilizando residuos de cuajada de soja (RCS). Los resultados demostraron que, en las muestras fermentadas, el rendimiento total de polifenoles aumentó de $300,12 \pm 2$ a 2293 ± 41 mg de equivalente de ácido gálico/100g



en comparación con el SCR sin fermentar. La proteína de SCR fermentada fue $22,13g \pm 16,07/100g$. Por lo tanto, se podría considerar un alimento funcional y nutritivo utilizando residuos de cuajada de soya fermentada. Concluyéndose que los residuos de cuajada de soya fermentada podría ser un alimento ecológico potencial, nutritivo y funcional.

Han *et al.*, (2005), plantearon como objetivo, estudiar la capacidad del basidiomiceto *Ganoderma lucidum* para degradar el almidón y mejorar el valor nutricional de la harina de maíz durante la fermentación en estado sólido (FES). En el medio basal que consistió en harina de maíz y solución salina, la actividad alfa-amilasa de *G. lucidum* alcanzó su valor máximo de 267 U g⁻¹ de cultivo el día 20 después de la inoculación. En condiciones óptimas de cultivo, la tasa de degradación del almidón alcanzó sus valores máximos de 70,4 %; el contenido de almidón del producto fermentado disminuyó de 64,5 a 25,3 %, mientras que el contenido de azúcares reductores aumentó de 4,2 a 20,6 %. La SSF también produjo un aumento significativo ($P < 0,01$) de 11,0 a 16,5 % en el contenido de proteínas.

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Características generales del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Pleurotus ostreatus, es un hongo lignícola saprófito, conocido con el nombre común de hongo ostra. Pertenece a la clase Basidiomycetes, orden Agaricales, familia Agaricaceae. Los *Pleurotus* son los más fáciles y menos costosos de producir, debido a la alta adaptabilidad, agresividad y productividad, además tienen la habilidad de descomponer troncos de madera y crecer sobre en diferentes residuos orgánicos. Presentan buen desarrollo en la mayoría de maderas duras, sobre los productos secundarios de la industria maderera, en la paja de los cereales, la caña de azúcar y bagazos, residuos de café, hojas de plátano y cáscaras de semillas oleaginosas. Los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los hongos comestibles son fundamentalmente carbohidratos (celulosa y hemicelulosa), compuestos nitrogenados (por adición de compuestos que poseen nitrógeno como los sulfatos de amonio, urea o gallinaza) y minerales (VARGAS, y otros, Junio 2012).



La seta comestible *Pleurotus* es de una gran versatilidad, ya que soporta grandes variaciones térmicas, existen variedades resistentes a plagas y enfermedades que puede ser cultivada prácticamente sobre cualquier sustrato lignocelulósico; la calidad de su proteína, presencia de vitaminas, macro y micro elementos y sus propiedades organolépticas la hacen muy superior al champiñón, por lo que es considerada como un alimento saludable. Estas características permiten que esta seta pueda ser cultivada con una tecnología sencilla, disminuyendo considerablemente la inversión inicial y los costos operacionales, lo cual se ha traducido en una expansión rápida del cultivo en el mundo (GARCIA, y otros, 2014).

3.2.2 Descripción taxonómica

La clasificación sistemática según (CALONGE, 1990) , es la siguiente:

Reino: Fungi

Subreino: Fungi Superior

Clase: Basidiomycetos

Orden: Autiobasidiomycetos

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *Pleurotus ostreatus*

Nombres comunes: Setas, hongo ostra, orellanas,
orejas blancas.

3.2.3 Valor nutritivo y funcional de *Pleurotus ostreatus*

El género *Pleurotus* constituye una buena fuente de nutrientes, sin embargo, la composición química de los cuerpos fructíferos, depende básicamente del tipo de cepa, la composición del sustrato, las técnicas del cultivo, así como la edad y la etapa del desarrollo del hongo (MORALES, 2011). Como se observa en la Tabla 2.



Tabla 2 — Contenido nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

Parámetros	Porcentaje (%)
Agua	92.00
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína	39 g (B.S)
Fibra	7.50 mg/100g
Calcio	33 mg/100g
Fósforo	1.34 ml/100g
Potasio	3793 mg/100g
Hierro	15.20 mg/100g
Ácido ascórbico	90-144 mg/100g
Tiamina	1.16-4.80 mg/100g
Niacina	46-108.7mg/100g
Ácido fólico	65 mg/100

Extraído de : (ROMERO *et al.*, 2010).

Proteína:

El contenido proteico de los hongos es elevado, alcanzando del 1.5 al 6% del peso fresco. En porcentaje, los hongos jóvenes son más ricos en proteínas que los más maduros. La digestibilidad de las proteínas oscila entre el 70 y el 90% y la calidad de las mismas es mayor que en otras hortalizas (VEDDER, 1986)

Aminoácidos:

En general, se puede decir que los aminoácidos son los componentes que forman las proteínas, pero no solo eso sino que desempeñan un papel muy importante en un gran número de procesos: intervienen en el metabolismo de la glucosa y en la producción de ciertas hormonas, forman parte del metabolismo del sistema nervioso, contribuyen al crecimiento y reparación de tejidos, tienen funciones desintoxicantes, (CORAZÓN, 2012).

Carbohidratos:

El *Pleurotus ostreatus* tiene un contenido elevado de carbohidratos de 57%, los carbohidratos que contienen dichos hongos, se encuentran pentosas, hexosas, sacarosa, azúcares-ácidos, metil-pentosas y aminoazúcares como la quitina (LEBEN, 2004).

Fibra:

Los hongos son una valiosa fuente de fibra, tanto soluble como insoluble. La fibra soluble, β - glucanos y quitosanos, es hoy objeto de muchas investigaciones por su potencial antitumoral. La fibra insoluble; celulosa, lignina y quitina, forma parte de las paredes celulares de los hongos y es la que generalmente se conoce como fibra alimentaria. Ésta es fundamental para el mantenimiento de una buena salud gastrointestinal. La fibra, en especial la lignina, absorbe ciertos compuestos orgánicos, como los ácidos biliares y diversos fármacos y tóxicos (TOLEMAN, 1995).

Lípidos:

Pleurotus ostreatus contiene del 3 al 5% de lípidos en peso seco, contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroides, esterolésteres y fosfolípidos. En general, los lípidos de tipo neutro, constituyen de 20 a 30% del total, los glicolípidos un 10% y los fosfolípidos del 60 al 70%. El ácido linoléico es el que más abunda (hasta en un 80% del total de ácidos grasos) y la Fosfatidilcolina y la fosfatidil-etanolamina, son los principales fosfolípidos. Por otro lado, *P. ostreatus*, tiene una buena cantidad de esteroides, ergosterol es el más importante en alrededor de un 70% del total (LEBEN, 2004).



Vitaminas:

Los hongos constituyen una fuente considerable de diversas vitaminas, entre las que se incluyen la tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), biotina (B8) y ácido fólico (B9), vitaminas muy importantes y necesarias para diversas funciones del organismo (LAPPE, 2007).

Tiamina B₁:

Es responsable de la producción de energía celular, mejora la actividad de los linfocitos T y es esencial para el desarrollo y funcionamiento normal del cerebro, de los músculos y los nervios. Además, la tiamina es antioxidante (LEBEN, 2004)

Niacina B₃:

Desempeña un papel importante en el metabolismo de los carbohidratos, de las proteínas y de los lípidos. Además, produce energía en las células, tiene un cierto efecto antioxidante y ayuda a disminuir los niveles sanguíneos altos de colesterol (LEBEN, 2004).

3.2.4 Características generales de la quinua

Según (Ramirez *et al.*, 1968) sostiene que: “la quinua es una planta herbácea anual de coloración variable según las variedades, condiciones del suelo y clima. Su altura va alrededor de un metro”.

Sostiene (TAPIA, *et al.*, 2007) que la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una de las plantas cultivadas más importantes de la región alto andina de América del Sur, porque su grano constituye un alimento básico del poblador. Así mismo es un recurso vegetal potencial debido a su gran adaptabilidad a las condiciones extremas y limitantes para otros cultivos (p.76).

Por (ZANABRIA GALVEZ, 2003), señalan: “La variedad blanca de Junín puede ser de dos tipos: blanca y rosada, el ecotipo blanco se caracteriza por su grano dulce y bajo contenido de saponina” (p. 3).

Sostiene (REPO CARRASCO, 1987) que: “la variedad Blanca de Junín, crece principalmente en el Centro del Perú. Es una variedad tardía (180 a 200 días); sus semillas son blancas, medianas y contienen poca saponina” (p.17).



Sostiene (F.A.O, (20 de Febrero de 2011)), que el cultivo tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. La quinua cuenta con más de tres mil variedades o eco tipos tanto cultivadas como silvestres que se resumen en cinco categorías básicas según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de los Yungas.

3.2.5 Aplicaciones de la fermentación en fase sólida

La fermentación en estado sólido (SSF) ha ganado credibilidad en los últimos años en las industrias biotecnológicas debido a su aplicaciones potenciales en la producción de metabolitos secundarios biológicamente activos, alimentos con valor proteico y funcional, combustible, productos químicos industriales y productos farmacéuticos y se ha convertido en una alternativa atractiva a la fermentación sumergida (SINGHANIA *et al.*, 2009).

Japón ha estado utilizando SSF para la producción comercial de enzimas, para la producción de salsa de soja, la denomina fermentación "koji"). Las enzimas amilasa y proteasa se producen principalmente durante la fase de crecimiento de *Aspergillus oryzae* en la soja y el trigo tostados, que luego se utilizan para hidrolizar completamente el sustrato. Por lo tanto, Japón tiene mucha credibilidad en este campo y es un proveedor líder de equipos SSF para la industria de la salsa de soja (SURYANARAYAN, 2003).

La fermentación es una opción interesante para el enriquecimiento de compuestos bioactivos, debido a su capacidad para proporcionar extractos de alta calidad y alta actividad al tiempo que elimina los efectos nocivos asociados con los solventes orgánicos. El extracto de plantas fermentadas (FPE, por sus siglas en inglés) es un tipo de alimento vegetal funcional que es muy popular en Japón, China y algunos otros lugares asiáticos. La fermentación es la forma tradicional más fácil y segura de enriquecer compuestos bioactivos útiles. Se informa que el proceso de fermentación mejora las propiedades biológicas de plantas, hierbas y vegetales. Más concretamente, la fermentación está relacionada con la descomposición y/o biotransformación de sustratos complejos en componentes



compatibles, modulando así las propiedades del producto o modificando la cantidad de determinados compuestos bioactivos (CHOUHAN et al., 2019).

La fermentación tiene efectos sobre la actividad antioxidante en los alimentos de origen vegetal fermentados. La capacidad de la fermentación para mejorar la actividad antioxidante se debe principalmente a un aumento en la cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides durante la fermentación, que es el resultado de una reacción de hidrólisis microbiana. Además, la fermentación induce la ruptura estructural de las paredes celulares de las plantas, lo que lleva a la liberación o síntesis de varios compuestos antioxidantes. Estos compuestos antioxidantes pueden actuar como bloqueadores de radicales libres, quelantes de metales, inhibidores de oxígeno singulete o donantes de hidrógeno para los radicales. La producción de proteasa, α -amilasa y algunas otras enzimas puede verse influenciada por la fermentación que puede tener actividad quelante de iones metálicos (HUR et al., 2014).

3.2.6 La fermentación y metabolitos secundarios

Los compuestos bioactivos son en su mayoría metabolitos secundarios producidos por microorganismos en un proceso de cultivo activo. Los metabolitos secundarios generalmente se acumulan durante la etapa posterior del crecimiento microbiano en el proceso de fermentación, conocida como "idiofase". Las especies fúngicas son ideales para este tipo de cultivo, ya que son capaces de crecer con una actividad de agua más baja, mientras que las bacterias requieren la presencia de agua libre en el sistema de fermentación. SSF presenta un sistema de bajo costo, utiliza sustancias naturales como residuos agrícolas y forestales como sustratos. Para la fermentación en estado sólido (SSF) con hongos y levaduras, es el más adecuado porque los hongos y las levaduras requieren una cantidad baja de humedad, también tiene un gran efecto en la economía debido a su bajo costo durante el proceso, principalmente debido al tamaño más pequeño del fermentador, el procesamiento aguas abajo reducido, la agitación reducida y la disminución de los costos de esterilización son las ventajas de esta tecnología, entre otras ventajas por ejemplo son la alta productividad, mayor estabilidad de los productos y bajos costos de producción, que dicen mucho sobre una aplicación



biotecnológica tan intensiva [19, 20]. Durante este proceso se requiere un pretratamiento y tamaño de partículas de los sustratos, suplementación del medio de cultivo, ingredientes del medio, la esterilización del medio SSF es vital, el contenido de humedad, la densidad del inóculo, la actividad del agua (a_w), el pH, la temperatura, la agitación y la aireación, tienen un efecto considerable sobre la eficacia de los procesos de fermentación en estado sólido (NIGAM et al., 2009).

3.2.7 Efecto de los antioxidantes en los radicales libres

Se ha prestado una atención considerable en los últimos años a los compuestos bioactivos debido a sus capacidades para promover la salud de los seres humanos y la prevención de algunas enfermedades degenerativas como la diabetes y el cáncer, la reducción de enfermedades cardiovasculares, debido a sus efectos antialérgicos, antioxidantes, anti inflamatorios, anti mutagénicos y antimicrobianos (CHOUHAN et al., 2019).

Los hongos también tienen una gran posibilidad de fabricar compuestos bioactivos, como los antioxidantes. Por ejemplo, después de la fermentación con hongos filamentosos, se incrementó la cantidad de fenoles totales y antocianina más la actividad antioxidante de los frijoles negros. Durante el proceso de fermentación, se sabe que los hongos producen numerosas enzimas, por ejemplo, glucósido hidrolasa, enzimas que degradan celulosa o xilano, y esterasa que causan el ablandamiento de la estructura del grano, la ruptura de las paredes celulares de los cereales (HUR et al., 2014).

Para determinar la actividad antioxidante, mediante el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), este compuesto es soluble en metanol y presenta coloración púrpura. Cuando un antioxidante se mezcla con DPPH, solución de metanol, el radical libre se reduce y la solución cambia de color morado a amarillo. Este cambio se mide espectrofotométricamente a 515 nm, indicando la eficiencia del antioxidante añadido al eliminar el radical (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995).

3.2.8 La Vitamina C, funciones biológicas

El ácido L-ascórbico (L-AA) pertenece al grupo de las vitaminas hidrosolubles, es una sustancia de color blanco, estable en su forma seca, pero en solución las



velocidades de oxidación del L-AA podrá ser influenciado por la concentración, temperatura, luz y pH se oxida con facilidad más aún si se expone al calor, luz y aire, prolongado almacenaje, pH alcalino (mayor a 7), cobre y hierro. Se sabe que es necesario para la síntesis del tejido conectivo colágena, para la formación de huesos, de la dentina de los dientes, de los cartílagos y de las paredes de los capilares sanguíneos, intervienen en reacciones de oxidación-reducción, ayuda a la absorción de hierro, por lo que es fundamental en la dieta de pueblos que basan su alimentación en granos y semillas, de todas las vitaminas la C es la más inestable y lábil, esta vitamina es sensible a pH ácidos y en actividades acuosas, resiste a temperaturas de esterilización, aunque se llega a destruir térmicamente por vía no oxidativa (BADUI, 1999).

La vitamina C es un ácido monobásico con sus anillos de Lactona entre el grupo carboxilo y el átomo de carbono; su extraordinario poder reductor se debe a la configuración dienólica capaz de dar con los álcalis, sales mono metálico neutras hidrosolubles sin que se destruya el anillo de lactona. El ácido L-ascórbico es muy sensible a la oxidación, especialmente cuando la reacción esta catalizada por iones metálicos como Cu^{2+} y Fe^{3+} . Así mismo el calor y la luz aceleran el proceso. En tanto factores como el pH, la concentración de oxígeno y la actividad del agua influyen poderosamente en la velocidad de reacción (FENNEMA, 2000).

Los seres humanos son incapaces de sintetizar el ácido L-ascórbico (L-AA, vitamina C) y por tanto, dependen totalmente de las fuentes dietéticas para satisfacer las necesidades. En el metabolismo de los vegetales como en los animales, las funciones biológicas del ácido L-ascórbico son sus propiedades antioxidantes. Existen evidencias científicas en las últimas décadas de la importancia de L-AA en la protección de las plantas frente al estrés oxidativo y en los mamíferos frente a enfermedades crónicas que tienen origen en el estrés oxidativo (DAVEY et al., 2000). A diferencia de otras vitaminas, el hombre no sintetiza la vitamina C. por lo que requiere consumirlas a diario, algunos animales si la producen por lo que para ellos no es indispensable (BADUI, 1999). La ausencia prolongada de ácido ascorbico en la dieta de la especie humana ocasiona la enfermedad carencial denominada escorbuto; una deficiencia menor produce alteraciones en el tejido conjuntivo y disminuye la resistencia frente a



Algunas infecciones. El ácido ascórbico se halla presente en grandes cantidades en los frutos cítricos y en los tomates (SRINIVASAN *et al.*, 2010).

La función biológica básica del ácido ascórbico es, actuar como cofactor de varias enzimas (dopamina B-monooxigenasa o prolil 4-hidroxilasa y lisil hidroxilasa). La vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina antiescorbútica, no puede ser sintetizada por humanos y otros primates, y debe obtenerse de la dieta. El ácido ascórbico es un donante de electrones y actúa como cofactor de quince enzimas de mamíferos. Dos transportadores dependientes de sodio son específicos para el ácido ascórbico, y su producto de oxidación, el ácido dehidroascorbato, es transportado por transportadores de glucosa. El ácido ascórbico se acumula diferencialmente en la mayoría de los tejidos y fluidos corporales (PADAYATTY & LEVINE, 2016).

3.2.9 Compuestos fenólicos y su función biológica

Los compuestos fenólicos comprenden flavonoides, ácidos fenólicos y taninos, entre otros. Los flavonoides constituyen el mayor grupo de fenoles vegetales, representan más de la mitad de los ocho mil que ocurren naturalmente. Estos compuestos dan como resultado las principales clases de flavonoides, es decir, flavonoles, flavonas, flavononas, flavonoles, isoflavonas y antocianidinas (PURI & HALL, 1998).

Los compuestos bioactivos son constituyentes nutricionales adicionales que ocurren naturalmente en pequeñas cantidades en productos vegetales. Los compuestos fenólicos, incluida su subcategoría, los flavonoides, están presentes en todas las plantas y se han estudiado ampliamente en cereales, legumbres, nueces, aceite de oliva, verduras, frutas, té y vino tinto. Muchos compuestos fenólicos tienen propiedades antioxidantes, y algunos estudios han demostrado efectos favorables sobre la trombosis y la tumorigénesis y promoción (Kris-Etherton *et al.*, 2002). Los compuestos bioactivos más comunes incluyen metabolitos como antibióticos, micotoxinas, alcaloides, pigmentos, factores de crecimiento vegetal y compuestos fenólicos (De Bruin, 1963; Dini *et al.*, 1992; FENNEMA, 2000).

El interés reciente por los compuestos fenólicos de los alimentos ha aumentado considerablemente debido a su capacidad antioxidante (eliminación de radicales



libres y quelación de metales) y sus posibles implicaciones beneficiosas en la salud humana, como en el tratamiento y la prevención del cáncer, las enfermedades cardiovasculares y otras patologías. Se presentan principalmente en forma conjugada, con uno o más residuos de azúcar unidos a grupos hidroxilo. Los azúcares asociados pueden ser presentes como monosacáridos, disacáridos o incluso como oligosacáridos. La glucosa es el residuo de azúcar más común, aunque la galactosa, la ramnosa, la xilosa y la arabinosa, también pueden estar asociadas con otros compuestos, como ácidos carboxílicos y orgánicos, aminas, y lípidos (BRAVO, 1998).

3.2.10 Características generales de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

La quinua, *Chenopodium quinoa*, es una planta que crece en América del Sur, ahora se cultiva como cultivo alimentario secundario en México, Colombia y Perú (Dini *et al.*, 1992). El cultivo andino de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), una *Chenopodiaceae*, presenta características sobresalientes de tolerancia a la sequía, alta calidad de la proteína del grano, bajo contenido de colesterol, ausencia de gluten (apto para pacientes celíacos), utilización como alimento para animales. El fruto, tipo aquenio, es pequeño y de forma plana, sin latencia. y el color de la semilla varía de blanco y amarillo a púrpura y negro (SPEHAR & DE BARROS SANTOS, 2002).

Los nombres comunes en quechua como quinua, quinua, parca, quinua, en aymar se le conoce como supha, jopa, jupha, jiura, aara y ccallapi. La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) se cultiva en todos los Andes, principalmente del Perú y Bolivia, desde hace más de 7.000 años por culturas preincas e incas. Históricamente la quinua se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4.000 msnm, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500-3.800 m con una precipitación pluvial anual entre 250 y 500 msnm y una temperatura media de 5-14 °C (Mujica & Jacobsen, 2006). La quinua pertenece a la familia *Chenopodiaceae*. Es una planta anual de tamaño entre 1 y 3,5 metros. La panoja tiene entre 15 y 70cm y puede llegar a un rendimiento de 200 g de granos por panoja. Las semillas pueden ser blancas, café, amarillas, grises, rosadas, rojas o negras y se clasifican según su tamaño en



grandes (2,2-2,6 mm), medianas (1,8-2,1 mm) y 1 pequeñas (menos de 1,8 mm) (GLORIO et al., 2003).

La quinua, *Chenopodium quinoa Willd.*, es una planta de Amaranthaceae, tolerante al estrés, cultivada a lo largo de los Andes durante los últimos 7000 años, desafiando condiciones ambientales muy diferentes que van desde Bolivia, hasta los 4.500 m de altitud, hasta el nivel del mar. Sus granos tienen mayor valor nutritivo que los cereales tradicionales y es un cultivar promisorio a nivel mundial para el consumo humano y la nutrición. La quinua ha sido llamada pseudo cereal por razones botánicas. Las propiedades funcionales también están dadas por minerales, vitaminas, ácidos grasos y antioxidantes que pueden hacer una fuerte contribución a la nutrición humana, particularmente para proteger las membranas celulares, con buenos resultados comprobados en las funciones neuronales del cerebro. Sus minerales funcionan como cofactores en enzimas antioxidantes, agregando mayor valor a su riqueza en proteínas. La quinua también contiene fitohormonas, que ofrecen una ventaja sobre otros alimentos vegetales para la nutrición humana (VEGA-GÁLVEZ *et al.*, 2010). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una especie vegetal de la familia Chenopodiaceae, que se originó en la región andina y puede adaptarse a diferentes tipos de suelos y condiciones climáticas. es un pseudograno de alto valor nutritivo ya que es rico en proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, y tiene un extraordinario equilibrio de aminoácidos esenciales. La quinua también contiene una gran cantidad de beneficios para la salud fitoquímicos que incluyen saponinas, fitoesteroles, fitoesteroides, se sabe que la quinua tiene efectos considerablemente positivos sobre la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal en humanos (S. NAVRUZ-VARLI & SANLIER, 2016).

3.2.11 Clasificación taxonómica de la quinua

El género *Chenopodium* pertenece a la familia Amaranthaceae, aunque anteriormente pertenecía a la familia Chenopodiaceae. Las especies domesticadas de *Chenopodium* son clasificadas en dos subsecciones: Cellulata y Leiosperma. Leiosperma incluye las especies sudamericanas cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y la especie euroasiática grupo *Chenopodium album*. Quinoa



(*Chenopodium quinoa*) son miembros de la subsección Cellulata. El género *Chenopodium* contiene más de 120 especies en 16 secciones (Aellen & Just, 1943). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fue descrita botánicamente por primera vez por Willdenow en 1778 como una especie originaria de América del Sur, cuyo centro de origen, según Buskasov, está en los Andes de Bolivia y Perú (ROJAS *et al.*, 2011).

Según (AELLEN & JUST, 1943), la clasificación taxonómica de la quinua es la siguiente:

Reino: Plantae
División: Fanerógamas
Clase: Dicotiledonea
Subclase: Caryophyllidae
Orden: Centrospermales
Familia : Chenopodiaceae
Género: *Chenopodium*
Especie: *Chenopodium quinoa*
Nombre común: quinua, quinua, quingua, triguillo, arroz del Perú, quinua.

3.2.12 Estructura del grano de quinua

El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, de la que se puede quitar frotando en seco, la capa externa de la semilla es el pericarpio, que constituye la cáscara, este contiene la saponina. por lo tanto, la saponina, se pueden eliminar con abrasivos descascarado de la semilla. Justo debajo del pericarpio hay un delgado epispermo y el embrión, que constituye el cotiledón y la raíz, rodea la mayor parte perispermo de semilla. El perispermo almacena la mayor parte del almidón (JACOBSEN & STØLEN, 1993). La semilla es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El color del fruto está dado por el perigonio y se asocia frecuentemente con el de la planta, de donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo. A la madurez, el pericarpio del fruto que está pegado a la semilla, presenta alvéolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. En esta parte se encuentra la saponina, razón por la cual puede ser eliminada con cierta facilidad (TAPIA, 1979).



La semilla envuelta por la episperma en forma de una membrana delgada; el embrión está formado por los cotiledones y la radícula, y constituye la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo. El perisperma es almidonoso y normalmente de color blanco. Existen tres formas de granos: cónicos, cilíndricos y elipsoidales. Se puede considerar tres tamaños de granos: tamaño grande de 2,2 a 2,6 mm. Tamaño mediano de 1,8 a 2,1 mm. y tamaños pequeños menor a 1.8 mm. El número de granos por gramo se encuentra entre 230 y 580 unidades (TAPIA, 1979).

3.2.13 Composición química de la quinua

Las semillas de quinua son una fuente de alimentos excepcionalmente nutritiva, debido a su alto contenido de proteínas con todos los aminoácidos esenciales, falta de gluten y alto contenido de varios minerales, por ejemplo, Ca, Mg, Fe y compuestos que promueven la salud como los flavonoides. La quinua tiene una gran diversidad genética resultado de su producción fragmentada y localizada a lo largo de los siglos en la región andina, desde Ecuador hasta el sur de Chile, y desde el nivel del mar hasta el altiplano. La quinua se puede adaptar a diversas condiciones agroecológicas en todo el mundo. Por ello, el año 2013 ha sido declarado Año Internacional de la Quinua por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (RUIZ ET AL., 2014). En las semillas de quinua se han identificado los 20 aminoácidos proteínogénicos y las proteínas se acumulan en cantidades superiores a las que se encuentran en los cereales (12–20 %). Las semillas de quinua también contienen vitaminas (B, C y E) y varios antioxidantes, como los flavonoides [13, 34].

La harina de quinua (Var. Perlada) presenta una composición química en proteínas, lípidos e hidratos de carbono similares o mejores en comparación con otros cereales (trigo, maíz, arroz). El contenido de proteína bruta (13,7% sobre materia seca) es superior al de la mayoría de cereales comunes excepto soja y contiene una buena composición de aminoácidos esenciales; la lisina es muy superior a la de otros cereales como el trigo y arroz, mientras que metionina + cisteína y fenilalanina + tirosina limitando en otros granos, alcanza un mejor valor que en otras hortalizas. El contenido de lípidos totales (14,5% sobre materia seca)



es superior al de otros cereales, contiene 38,9% ácido linoleico y 27,7% ácido oleico del total de ácidos grasos (DINI ET AL., 1992).

Tabla 3 — Análisis proximal en cereales y granos en g/100g de alimentos

Alimento	Composición g /100 g de alimento						Cenizas
	Energía (kcal)	Agua	Proteína	Grasa total	Carbohidratos totales	Fibra cruda	
Quinoa blanca (Junin)	343	11.8	12.20	6.2	67.1	5.7	2.6
Arroz blanco	358	13.4	7.8	0.7	77.6	0.4	0.5
Cañihua gris	343	12.4	14.0	4.5	64.0	9.8	5.1
Cebada cáscara	289	9.7	8.4	2.0	77.5	7.3	2.4
Maiz amarillo	355	13.5	6.7	4.8	73.6	3.8	1.4
Trigo	303	11.6	10.3	1.9	74.7	3.0	1.5

Extraído de MINSAL, [2009]

En pseudocereales, como quinua, las albúminas y globulinas son la principal fracción proteica (entre 44-77% de proteína total), que son mayores que las prolaminas (0.5 - 7,0%). Usando un método de Osborne modificado, la fracción proteica de la quinua es reportada en 75.1% de albúminas y globulinas y 19,4% de glutelinas (insolubles); no se encontraron prolaminas. Por lo tanto, la quinua se considera ser un cereal sin gluten porque contiene muy poco o sin prolamina. La quinua proporciona un aporte nutricional, económico, fuente de alimento sabrosa y fácil de preparar que es de especial relevancia para las personas con intolerancia al gluten, como aquellos con enfermedad celíaca (S. A. VALENCIA-CHAMORRO, 2003).



Tabla 4 — Composición, nutricional en los granos de quinua g/100 g de materia seca

Componente	Promedio	Número de determinaciones	Rango > <
Humedad	12.65	58	20.70 – 6.88
Grasa	5.01	60	9.30 – 1.80
Proteína	13.81	77	22.08 – 7.47
Ceniza	3.36	60	9.80 – 2.22
Carbohidratos	59.74		71.30 – 38.72
Celulosa	4.38	22	12.20 – 1.50
Fibra	4.14	30	16.32 – 1.10

Extraído de VALENCIA-CHAMORRO, (2003)

Proteínas y aminoácidos

La calidad nutricional de las proteínas está determinada por las proporciones de aminoácidos esenciales, que no pueden ser sintetizados por los animales y por lo tanto debe ser proporcionados en la dieta. Si solo uno de estos aminoácidos es limitante, los otros serán descompuestos y excretados, lo que resulta en un crecimiento deficiente de los animales y seres humanos y por consiguiente la pérdida de nitrógeno en la dieta. Diez aminoácidos son estrictamente esenciales: lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina, histidina y metionina, todos los cuales están presentes en la quinua, otorgándoles un valor similar a la caseína, la proteína de la leche (Ritva REPO-CARRASCO et al., 2003). La quinua es un pseudocereal andino que contiene 14,6 % de proteína (peso seco). Esta proteína es de una calidad excepcionalmente alta y es particularmente rica en histidina y lisina (3,2 y 6,1 %, respectivamente). Las

albúminas y globulinas son la fracción proteica mayoritaria de quinua (44 – 77 % de la proteína total) (KOZIOL' LATINRECO, 1992).

Carbohidratos

En la quinua el almidón proporciona la principal fuente de energía fisiológica en la dieta humana, siendo el carbohidrato más importante, con 58.1 a 64.2 % de la materia seca (Ritva REPO-CARRASCO et al., 2003), de los cuales 11 % es amilosa (QIAN & KUHN, 1999).

Lípidos

También es importante reconocer y utilizar la cantidad relativamente alta de aceite en la quinua y la kañiwa. Estos granos pueden ser una materia prima potencial para la extracción de aceite. El mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en estos aceites es el Omega 6 (ácido linoleico), siendo el 50,2 % para la quinua y el 42,6 % para la kañiwa. La composición de ácidos grasos es similar al aceite de germen de maíz. Las concentraciones de γ - y α -tocoferol fueron para quinua 797,2 y 721,4 ppm, y para kañiwa 788,4 y 726 ppm, respectivamente (Ritva REPO-CARRASCO et al., 2003). El contenido de grasa de la quinua es del 5,6% (peso fresco) con los ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico, que representan el 55- 63 % de la fracción lipídica. El aceite de quinua es particularmente estable debido a las concentraciones relativamente altas de antioxidantes naturales, a saber, 690-754 ppm de α -tocoferol y 760- 930 ppm de γ -tocoferol en el aceite crudo, cayendo a 450 y 230 ppm, respectivamente, en el aceite refinado (KOZIOL' LATINRECO, 1992).

Minerales

La quinua tiene alto contenido de calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc [45, 47,44]. Muchos minerales de la quinua se encuentran en concentraciones mayores que otros granos. Los niveles de hierro, calcio y fósforo son más altos que las del maíz y cebada, con 81 mg/Kg de hierro y el calcio con 874 mg/Kg (RUALES & NAIR, 1994).



Vitamina C y compuestos fenólicos

Las vitaminas son compuestos esenciales para la salud del ser humano y animales, las principales vitaminas que se investigaron en la quinua se encuentran el β -caroteno y niacina. Cantidades apreciables de tiamina (0,4 mg/100g), ácido fólico (78.1 mg/100g) y vitamina C (16,4 mg/100g) fueron reportados por (Ruales & Nair, 1994). Según (KOZIOL' LATINRECO, 1992), comparó el contenido vitamínico de la quinua con algunos cereales (arroz, cebada y trigo), informando que la quinua contiene sustancialmente la riboflavina (B₂), α -tocoferol (vitamina E) y caroteno. El contenido de vitamina E en la quinua es importante, ya que actúa como antioxidante a nivel celular y a nivel de membrana, protegiendo los ácidos grasos de las membranas celulares contra el daño causado por los radicales libres (RITVA REPO-CARRASCO et al., 2003).

Las semillas de la quinua destaca por el contenido de compuestos bioactivos, compuestos fenólicos, polisacáridos y saponinas, sugieren los potenciales efectos beneficiosos de la quinua hoy en día, porque hay evidencias que señalan sus propiedades antioxidantes frente a cáncer, procesos inflamatorios (Ahmed *et al.*, 2020). El valor nutricional de la quinua y las propiedades funcionales de la quinua (especialmente sin gluten), pueden beneficiar a niños, adultos, ancianos y mujeres expuestas a osteoporosis y personas con anemia, diabetes, grasas altas en la sangre, obesidad o enfermedad celiaca (Semra Navruz-Varli & Sanlier, 2016) El contenido de vitaminas y polifenoles en la quinua aumenta significativamente con la germinación, después de 72 horas en comparación con las semillas sin fermentar (STRESS *et al.*, 2020).

3.3 Marco conceptual

- a) **Sustrato.** - Se llama sustrato al material que proporciona alimentación al hongo, pudiendo ser este de un grano, cereal o de naturaleza celulósica o lignocelulósico.
- b) **Humedad relativa.** - Humedad necesaria en el ambiente con respecto a la atmosfera externa necesaria para el desarrollo apropiado de un cultivo.
- c) **Cultivo puro.** - Aislado del micelio del hongo en medios de cultivo selectivo libre de contaminantes.
- d) **Micelio.** - El conjunto de hifas se denomina micelio, es la parte vegetativa del hongo, su misión consiste en tomar del suelo los diversos compuestos orgánicos para



alimentarse. Generalmente, es de color blanco y puede llegar a tener muchos metros de longitud.

- e) **Basidiomicetos.** - Son hongos de la clase Basidiomicetos u hongos con basidios, los basidios son células en forma de maza, producen esporas sexuadas.
- f) **Fibra.** - Se han considerado fibras dietéticas a los polisacáridos vegetales y la lignina, que son resistentes a la hidrólisis por los enzimas digestivos del ser humano.
- g) **Polifenoles.** - Un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula, se caracterizan por ser antioxidantes.
- h) **Cenizas.** - Producto de la combustión de material orgánico, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales.
- i) **Grasa.** - Es un término genérico para designar varias clases de lípidos, aunque generalmente se refiere a los acilglicéridos
- j) **Capacidad antioxidante.** - Es una medida de los moles de radicales libres captados por una solución de prueba específica.
- k) **Fermentación.** - Metabolismo fermentativo es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y cuyo producto final es un compuesto orgánico.
- l) **Esterilización:** Es un tratamiento térmico de alta intensidad, aplicando generalmente a productos poco ácidos en las que puedan desarrollarse bacterias esporuladas, cuyos fines son eliminar los riesgos.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

Es una investigación de tipo experimental aplicativo, debido a los cambios y modificaciones que producirá la manipulación de variables independientes (tiempos de fermentación se considera un factor de influencia importante) en la variable respuesta: características físico químicas, contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de las muestras fermentadas. Corresponde a un nivel experimental cuya finalidad es medir el efecto de las variables independientes sobre las dependientes.

4.2 Diseño de investigación

a) Variable independiente:

- Tiempo de fermentación con micelio durante: 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días

b) Variable dependiente:

- Contenido de proteínas, carbohidratos, cenizas y grasa
- Contenido de vitamina C
- Contenido de polifenoles totales
- Capacidad Antioxidante

c) Variables determinantes:

- Temperatura (constante)
- Humedad (constante)
- Cultivo puro (micelio del hongo)

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

la población de estudio está constituida por la producción total del producto fermentado por *Pleurotus ostreatus* sobre los granos de quinua durante 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días, y el testigo (quinua sin fermentar), haciendo un total de 7 tratamiento y tres repeticiones que hacen un total 21 unidades experimentales.



4.3.2 Muestra

las muestras consideradas para los análisis estuvieron sujetas a un muestreo no probabilístico mediante la técnica por conveniencia.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Producción del microorganismo (micelio)

El micelio de *Pleurotus ostreatus* mantenido en refrigeración en Agar Papa Dextrosa (PDA) en tubos de ensayo a 8°C, fueron empleados del banco de ceparios del Laboratorio de Microbiología de la UNAMBA. En condiciones asépticas y previa esterilización de materiales y del medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA), se procedió con el repique del micelio a partir de tubos de ensayo a placas petri conteniendo el PDA. Con ayuda de un asa de siembra se traspasó el micelio a placas con medio de cultivo, dejándose en incubación a 25 °C, hasta su desarrollo completo en toda superficie de las placas petri.

4.4.2 Acondicionamiento de granos de quinua

Se empleó quinua blanca procedente de la Comunidad de San Luis del distrito de Curahuasi. Los granos se desaponificaron mediante lavado continuo con agua y abrasión mecánica manual. Posteriormente los granos se secaron al medio ambiente.

a) Limpieza y lavado de la quinua

Se realizó la limpieza de los granos con la finalidad de separar las impurezas (tierra, arenilla y otros restos), y el lavado con abundante agua para eliminar residuos de saponina, seguidamente se realizó la cocción durante 10 minutos y finalmente el escurrido y oreado.

b) Esterilizado de la quinua

Una vez escurrido la quinua, se procedió a colocar en frasco tapa rosca 250 g y esterilizados en autoclave a 121 °C/15 Lb/40 minutos, con la finalidad de obtener un sustrato estéril.



4.4.3 Procedimiento de la fermentación en estado sólido

Las inoculaciones se realizó utilizando fragmento de PDA impregnado con micelio (tres discos de 10mm de diámetro), según recomendaciones de (F. H. ZHAI *et al.*, 2015) los fragmentos del micelio fueron colocados en cada uno de los 18 frascos, conteniendo 250 g de quinua estéril. Los frascos fueron incubados a 25 °C. El contenido de los granos fermentados se cosechó a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días de fermentación, para su análisis en laboratorio.

4.4.4 Toma de muestra para análisis

Las muestras para el análisis de laboratorio fueron tomadas en seis diferentes tiempos, es decir cada 10 días hasta los 60 días de incubación. Seguidamente fueron deshidratadas en un horno de convección forzada durante 24 horas a 50 °C, hasta peso constante. Las pruebas analíticas fueron realizadas en Calidad Total Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, donde se determinaron los principales componentes nutricionales y propiedades antioxidantes.

4.4.5 Determinación de proteínas totales

El contenido de proteínas se determinó por el método Kjeldahl - AOAC 930.29 [AOAC, 2000].

4.4.6 Determinación de carbohidratos

El contenido total de carbohidratos (g / kg MS) se obtuvo calculando la diferencia. Por diferencia MS-INN (COLLAZOS, 1993).

4.4.7 Determinación de grasa

El contenido de grasa bruta (g / kg MS) se midió con el método gravimétrico después de la extracción Soxhlet. El contenido de grasa se midió utilizando el método Soxhlet (AOAC 920.39C).

4.4.8 Determinación de cenizas

El nivel de cenizas (g / kg de MS) se determinó con un horno de mufla a 550 ° C.



4.4.9 Determinación de Vitamina C

Se determinó cuantitativamente por el método espectrofotométrico, basado en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol, por medio de una solución de ácido ascórbico a una longitud de onda 515nm (AOAC, 2000).

4.4.10 Preparación del extracto

- Se inició a pesar 0.75 g de cada muestra fermenta: 10, 20, 30, 40, 50, 60 días y la muestra testigo (QP), en tubos de plástico con tapa rosca previamente rotulado, protegiéndose de la luz. Se adicionó 45 ml de metanol al 80%. Luego se dejó reposar por 20 horas a 4 °C. Transcurrido este tiempo se centrifugaron los tubos a 4000 RPM por 15 minutos.
- Las muestras centrifugadas se filtraron con papel Whatman N° 1, y se trasvasaron los sobrenadantes a frascos de vidrio color ámbar, para ser conservado a -20 °C, para su posterior análisis. A partir de estos extractos se mide la capacidad antioxidante.

4.4.11 Determinación del contenido de polifenoles totales

Los contenidos de compuestos fenólicos totales de las muestras se determinaron por el método colorimétrico de Folin Ciocalteu, siguiendo el método de Singleton y Rossi (1965), donde el ácido gálico se usó como estándar. La absorbancia se fue medida a 755 nm y los resultados se expresaron como mg de ácido gálico equivalentes/ 100g de materia seca. El procedimiento es el siguiente:

- Se preparó la solución de carbonato de sodio de una concentración de 75 g/L.
- Se preparó una solución de Folin- Cicocalteau 1 N.
- Se procedieron a tomar 500 μ L de extracto diluido en un tubo protegido de la luz y se adicionaron primero 250 μ L de Folin- Ciocoalteu, y segundo 1250 μ L de solución carbonato de sodio. Paralelamente se preparó un blanco con 500 μ L de metanol en lugar de la muestra, con el cual se calibrará el espectrofotómetro.
- Se agitaron y dejaron reaccionar por 30 minutos. Las lecturas al espectrofotómetro se realizaron a 755 nm. Las lecturas no deben ser menores a 0.1 ni mayores a 0.7.



- El contenido de compuesto fenólicos se calculó usando una curva estándar de ácido gálico, y los resultados se expresan como mg de ácido gálico/ 100 g de muestra. La ecuación empleada, obtenida a partir de la curva estándar con ácido gálico a 755 nm con $r^2 = 0.9987$, es la siguiente:

$$Y = 29.596X - 0.1763$$

Donde:

Y= Absorbancia

X= μmol de trolox equivalente/ mL

4.4.12 Capacidad Antioxidante

Uno de los ensayos que se empleó fue el TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) recomendado por ARNAO *et al.* (2003) con algunas modificaciones. En este método una solución de ABTS⁺, un radical cromógeno, es añadido a cada una de las muestras a analizar. Este método tiene el mismo principio que el DPPH, con la única diferencia que, en este caso, se mide la captación del radical a través de la disminución de la absorbancia, se mide a 734 nm y, de igual forma, correlacionada en una curva estándar de Trolox Los resultados son expresados como $\mu\text{M TE/g}$ de muestra en base seca.

4.4.12.1 Procedimiento para la preparación de la solución madre de ABTS:

- Reactivo A: Se pesa 78.4 mg de ABTS y se lleva a 10 mL con agua destilada.
- Reactivo B: Se pesa 13.2 mg de persulfato de potasio y se lleva a 10 mL con agua destilada. Ambas soluciones deben protegerse de la luz.
- Se mezclan volúmenes iguales de los reactivos A y B, y se deja reposar en oscuridad por 12 horas.
- La solución de trabajo de ABTS se obtuvo adicionando metanol en una proporción aproximada de 1:60 (sol. madre: metanol), hasta una absorbancia de 1.1 ± 0.02 a 734 nm. Esta solución diluida fue ser utilizada durante las 4 horas siguientes de su preparación.



- Se tomó 150 μL del extracto diluido (del ítem 4.4.10) y se le adicionó 2850 μL de solución de trabajo de ABTS. Al mismo tiempo se preparó un blanco con 150 μL de metanol en lugar de la muestra. La reacción se llevó a cabo a temperatura ambiente, en oscuridad y con agitación constante. La lectura en el espectrofotómetro se realizó a 734 nm. Dichas lecturas no deben ser menores de 0.2 ni mayores a la absorbancia del blanco, en caso contrario se debe realizar la dilución correspondiente del extracto.
- La capacidad antioxidante se calculó usando una curva estándar de Trolox, y los resultados se expresaron como μg de Trolox equivalente/g de muestra en base seca. La ecuación empleada, obtenida a partir de la curva estándar de Trolox a 734 nm con $r^2=0.9942$, es la siguiente:

$$Y=1.4765X + 0.0206$$

Donde:

Y= Absorbancia

X= μmol de trolox equivalente/ mL

4.5 Técnicas e instrumentos

Se emplearon:

- Mechero Bunsen. Autoclave, incubadora, estufa, mufla, molino para preparación de muestras, campana extractora de gases, destilador Kjeldhal, titulador, materiales de vidrio, plástico, medios de cultivo, etc.
- Uso de normas: Official methods of Analysis AOAC (2000).
- Tablas Peruana de Composición de Alimentos del MNSA
- Uso de bases de datos para búsqueda de artículos científicos: Science Direct, Springer, Scopus, Wiley, Francis y Taylor, Pub médic, etc.
- Uso de software para análisis de datos: Excel, R Studio

4.6 Análisis estadístico

Los resultados de los experimentos se realizaron por triplicado, se analizaron mediante ANOVA unidireccional, seguido de una prueba Tukey para comparar las medias



individuales, con un 95% de significancia ($P \leq 0,05$). Todos los análisis estadísticos se efectuaron por el programa de Software R Studio libre.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Principales componentes nutricionales de la quinua fermentada con micelio *Pleurotus Ostreatus*

Los resultados del contenido promedio de los principales componentes nutricionales del producto fermentado y el control (quinua pura sin fermentar) se resume en la Tabla 5. En la quinua sin fermentar (QSF), el contenido proteico fue de 16.44 g/100g y a los 60 días de fermentación el contenido de proteínas se incrementó significativamente a 20.77g/100g (incrementándose en 20.85% con respecto a la QSF). Los carbohidratos totales a los 60 días de incubación mostraron 60,30g/100g, con el transcurso del tiempo de fermentación se redujo hasta 38,20g/100g. Al respecto F. H. ZHAI et al., (2015), mencionan que, los hongos se caracterizan por producir enzimas amilasas durante su metabolismo, siendo estas responsables de la degradación el almidón en unidades de glucosas y otras compuestos metabolitos secundarios y energía, por otro lado HAN et al., (2005) atribuye a los hongos, que la α -amilasa en contacto con el almidón genera altas tasas de degradación de este polisacárido. Con respecto al contenido de grasa a los 60 días presentó un ligero incremento (6,01 g/100g) con respecto a la QSF (5.71g/100g). Según BISEN *et al.*, [2010], menciona que *L. edodes*, conocido como hongos shiitake en Japón, tiene importancia en la biotecnología moderna, siendo el segundo hongo más popular en el mercado mundial, caracterizado por su valor nutricional y su valor terapéutico.



Tabla 5 — Contenido promedio de las características nutricionales del producto fermentado

Fermentación (días)	Composición (g/100g)			
	Proteínas	Carbohidratos	Grasas	Cenizas
0*	16,44±0,16	60,30±0,46	5,71±0,038	2,21±0,08
10	17,59±0,17	59,50±0,73	5,70±0,06	2,20±0,10
20	17,71±0,09	58,00±0,20	5,76±0,03	2,35±0,10
30	18,52±0,15	40,90±0,03	4,51±0,02	2,01±0,09
40	19,02±0,10	40,20±0,31	5,52±0,02	2,29±0,0,08
50	20,19±0,25	39,10±0,112	5,32±0,03	2,28±0,06
60	20,62±0,36	38,20±0,43	6,01±0,08	2,23±0,10

*0: quinua sin fermentar o quinua pura (PQ)

ABUGOCH J. (2009), señala que los extractos obtenidos del micelio y cuerpo fructífero que esta especie de hongo tiene efectos antifúngicos, antibacterianos, inmunomoduladores del sistema inmunológico, con propiedades antitumorales, para prevenir el cáncer, prevenir enfermedad cardíaca, diabetes, hipertensión. Tiene notables propiedades nutricionales, como proteínas (15%), también es una fuente importante de minerales, vitaminas, polifenoles, fitoesteroles y flavonoides. Así mismo XU et al., (2019) mencionan que muchas investigaciones han demostrado que la quinua es rica en minerales, vitaminas, y contiene una variedad de propiedades antioxidantes como polifenoles, fitoesteroles y flavonoides. Con respecto a esto se podría explicar que la quinua usada como sustrato además de tener propiedades nutricionales y funcionales al someterse al proceso de fermentación incrementaría aún más su contenido nutricional y

funcional. Por lo que este binomio hongo-quinua, podría considerarse un alimento novedoso con buenas propiedades nutricionales y funcionales.

Tabla 6 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido proteínas totales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	6	39,745	6,624	340,530	0,000
Error	14	0,272	0,019		
Total	20	40,017			

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%)

En la Tabla 6, la prueba de ANOVA, indica que existen diferencias significativas a un $P < 0.05$, en el contenido de proteínas entre las muestras fermentadas a diferentes tiempos de incubación Según el Análisis de Varianza, el factor tiempo ejerce un efecto positivo en la producción de proteínas, es decir a mayor tiempo de incubación, mayor masificación del micelio del hongo.

Tabla 7 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de proteínas

Días fermentación	N	Media	Agrupación			
60	3	20,6233	A			
30	3	18,5233	A			
50	3	20,1900	A			
20	3	17,7100		B		
40	3	19,0233			C	
10	3	17,5933				D
0	3	16,4467				D

Extraído de: Las medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes.



La Tabla 7, muestra los resultados de la prueba de Tukey nivel de confianza de 95% para el contenido de proteínas, y se puede inferir que existe diferencias significativas entre los 20 y 40 días de incubación

El contenido de carbohidratos totales sufrió una disminución estadísticamente significativa ($P < 0.05$), reduciéndose de 60.30g/100g en base seca, día cero a 38.20g/100g 60 días de incubación (ver Figura 2). Anexo 1. Al respecto ZHAI *et al.*, [2015] señalan que, los hongos producen la enzima α -amilasa durante la fermentación en fase sólida y esta enzima ataca al almidón para degradar en glucosas y formar otros compuesto y energía. Así mismo HAN *et al.*, (2005), atribuyen que la α -amilasa del *G. lucidum*, específicamente el micelio en contacto con almidón del sustrato generan altas tasas de degradación del almidón. Por otro lado, LEE, (1996) manifiesta que las hexosas (azúcares simples) se convierten en proteínas mediante la acción de levaduras y hongos, utilizando generalmente una combinación de las rutas EMP (Embden- Meyehof-Parnas) y HMP (Hexosas Mono Fosfato) seguidas del ciclo de TCA (Ciclo del Ácido Tricarboxílico).

Tabla 8 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido grasas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días fermentación	6	1,718	0,286	4,714	0,008
Error	14	0,851	0,061		
Total	20	2,569			

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

En la Tabla 8, el ANOVA muestra que existen diferencias significativas con respecto al contenido de grasas a los diferentes tiempos de incubación, donde $P < 0.05$, por lo que, a medida que transcurre el tiempo de fermentación el contenido de grasa varía, con respecto a la muestra no fermentada (5.71g/100g). SANDE *et al.*, (2019), mencionan que, los hongos contienen ácidos grasos esenciales como el linoleico, oleico y linolénico, considerándose una dieta saludable para los seres humanos. Según el contenido de grasa en los hongos generalmente oscila entre 0,1 y 16,3%, por lo que son considerados como alimentos muy saludables. GÜNÇ



ERGÖNÜL ET AL., (2013), menciona que los hongos contienen ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido linoleico entre 0,1 y 81,1%, el ácido oleico entre 1,0 y 60,3% y el ácido linoleico entre 0,1 y 28,8%. Los hongos de las diferentes especies comestibles tienen bajos niveles de lípidos, entre 1,75 al 15,5% por cada 100g en base seca.

Tabla 9 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de grasas

Días fermentación	N	Media	Agrupación			
60	3	5,3233	A			
10	3	5,7067	A	B		
50	3	5,2933	A	B		
0	3	6,0100		B	C	
40	3	5,5267			C	D
20	3	5,7967				D
30	3	6,0100				E

Extraído de: Las medias que no comparten un solo tipo letra son significativamente diferentes.

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

La Tabla 9. muestra los valores del contenido de grasas (g/100g peso seco) en granos de quinua fermentada con micelio del hongo shiitake, observándose un ligero incremento durante los días 10, 50 y 60 con 5.70, 5.32 y 6.10 mg/100g, estos resultados muestran una diferencia significativa entre los resultados mencionados.



Tabla 10 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido cenizas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Días fermentación	6	0,206	0,034	61,169	0,000
Error	14	0,008	0,001		
Total	20	0,214			

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

En la Tabla 10 de acuerdo al análisis de varianza indica que existe un efecto significativo ($P < 0.05$) entre los tratamientos establecidos respecto al contenido de cenizas. Según el Análisis de Varianza el factor tiempo ejerce un efecto positivo en la síntesis de minerales, si bien es cierto que la quinua tiene una composición importante de minerales de estos destacan el potasio y el fósforo, que representan hasta un 65% del total de cenizas, la cantidad de calcio y hierro es más alta que la del trigo según (MINAM, 2017). También *Pleurotus ostreatus*, es una fuente importante de minerales (Miranda et al., 2012), señalan que el calcio analizado corresponde a (98.00mg/100g), fósforo (476.00mg/100g), hierro (8.50mg/100g) y sodio (8.50mg/100g).

Tabla 11 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de cenizas

Días fermentación	N	Media	Agrupación
40	3	2,2900	A
30	3	2,0167	A
20	3	2,3533	A
10	3	2,2000	A
0	3	2,2133	A
50	3	2,2833	A
60	3	2,2500	A

Extraído de: Las medias que comparten un solo tipo letra no son significativamente diferentes.

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

La Tabla 11. muestra los valores del contenido de cenizas, estos resultados muestran que no existen diferencias significativas al ANOVA ($P>0.05$) ver Figura 4. anexo 1. Así lo demuestra las comparaciones múltiples Tukey $\alpha=5\%$. El promedio del contenido de cenizas durante los diferentes tiempos de fermentación es iguales por lo que se acepta la hipótesis nula (de igualdad de medias) y se rechaza la hipótesis alterna (diferencia de medias).

Tabla 12 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en el contenido polifenoles totales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días fermentación	6	94088,956	15681,493	58,425	0,000
Error	14	3757,684	268,406		
Total	20	97846,640			

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

Tabla 13 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de polifenoles totales

Días fermentación	N	Media	Agrupación						
60	3	212,8500	A						
30	3	148,2767		B					
40	3	193,2167			C				
50	3	221,4133				D			
20	3	82,3000					E		
10	3	64,6100						F	
0	3	63,1300							F

Extraído de: *Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%



En la Tabla 13, se muestra el contenido de polifenoles totales QP (63.13) e incrementándose a medida que transcurre el tiempo de fermentación con 64.61, 82.30, 124.94, 193.21, 221.41 y 212.51 mg/100g (a los 10, 20, 30, 40 ,50 y 60 días de fermentación respectivamente).

Como se muestra en la Figura 5. Los polifenoles totales en la quinua pura fueron de 63.13 mg/100g. El mayor contenido de polifenoles se observa a los 30 y 60 días de fermentación con 124.94 y 212.51 mg/100 respectivamente; al respecto Bhanja *et al.*, [2009], señalan que los hongos filamentosos *Aspergillus oryzae* y *Aspergillus awamori*, utilizados en FES, fueron muy efectivos para mejora el contenido fenólico y las propiedades antioxidantes de granos de trigo en comparación con granos de trigo no fermentados. Por ejemplo, después de la fermentación con hongos filamentosos, se incrementó la cantidad de fenoles totales y antocianina más la actividad antioxidante de los frijoles negros HUR *et al.*, [2014].

El tiempo de fermentación dio como resultado un cambio significativo en el contenido de polifenoles totales después de la fermentación en estado sólido (FES) de la quinua con micelio del s *Pleurotus ostreatus*. Ver Tabla 14. Anexo 1. Donde se expresa una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de polifenoles totales durante el tiempo de fermentación al ANOVA (P<0.05), demostrándose que a los 60 días de fermentación fue significativamente mayor, con un resultado de 212.51 mg/100g, valor superior a la quinua sin fermentar (63.13 mg/100g).

Tabla 14 — Análisis de Varianza efecto del tiempo de fermentación en la capacidad antioxidante de quinua fermentada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	6	785936,206	190989,368	3631,872	0,000
Error	14	504,933	36,067		
Total	20	786441,139			

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%



Tabla 15 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en la capacidad antioxidante de quinua fermentada

Días	N	Media	Agrupación					
60	3	1465,5400	A					
30	3	1233,8600		B				
40	3	1404,6067			C			
50	3	1439,9067				D		
20	3	1144,3167					E	
10	3	1005,5300						F
0	3	957,1500						F

Extraído de: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. ($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

En la Tabla 15 existen diferencias significativas estadísticamente entre los seis tratamientos. Según la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% de significancia, el mejor tratamiento con respecto a la capacidad antioxidante es a los 60 días (1465,5400 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$), donde el micelio tiene mayor predisposición para la síntesis de compuestos bioactivos. Se señala que la capacidad antioxidante de un alimento se debe a la actividad antioxidante de sus diferentes compuestos bioactivos, entre los cuales tenemos a los compuestos fenólicos, ácido ascórbico, y otros. Por lo tanto, se puede decir que son los bioactivos los que aportan su potencial antioxidante,

En la Fig. 7., se observa los resultados de la capacidad antioxidante, en la quinua sin fermentar, fue 957.15 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$, presentándose valores superiores a los 30 y 60 días 1,233.86 y 1,465.54 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$ (con un incremento de 46 % y 51.89 % respectivamente). Existiendo una diferencia altamente significativa al ANOVA ($P<0.05$). Ver Tabla 18. Anexo 1. Actualmente se está prestando mucha atención a los antioxidantes naturales, que desempeñan un papel importante en la inhibición de radicales libres y reacciones en cadenas oxidativas dentro de los tejidos y membranas celulares VEGA *et al.*, [2010]. PÁSKO *et al.*, [2009], reportaron que

la quinua presenta mayor capacidad antioxidante que el amaranto mediante el método ABTS Y DPPH.

Según Los productos de soya fermentadas por FES con el hongo *Trichoderma harzianum* mostraron una actividad antioxidante más alta que los productos no fermentados, lo que probablemente estuvo relacionado con los contenidos de ácidos fenólicos, flavonoides, isoflavonas y aglicona. En particular 60 días presentaron mayor actividad antioxidante, con un incremento en un 51.89 % con respecto a la QP 957.15 uMol/100g.

Tabla 16 — Análisis de Varianza del efecto del tiempo de fermentación en el contenido de vitamina c

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días fermentación	6	66,026	11,004	976,714	0,000
Error	14	0,158	0,011		
Total	20	66,184			

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%

Tabla 17 — Prueba de Tukey efecto del tiempo de fermentación en el contenido de vitamina

Días fermentación	N	Media	Agrupación			
60	3	8,7800	A			
50	3	8,4167		B		
40	3	7,8133		B		
30	3	7,4433			C	
20	3	5,4500				D
10	3	5,2867				D
0	3	3,6367				E

Extraído de: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%



En la Figura. 6, se observa los resultados del contenido de vitamina C, observándose a los 30 y 60 días de fermentación con 5.07 y 8.82 mg/100 respectivamente son mayores con respecto al resto. El tiempo de fermentación dio como resultado un cambio significativo en el contenido de vitamina C, con el transcurso del tiempo de fermentación. Ver Tabla 16. Anexo 1. Donde se expresa una diferencia estadísticamente significativa del contenido vitamina C según el ANOVA ($P < 0.05$), demostrándose que a los 60 días de fermentación la vitamina C se incrementó en 8.82 mg/100g a la quinua sin fermentar (QP) 0.00 mg/100g.

Tabla 18 — Compuestos bioactivos, vitamina C y capacidad antioxidante de quinua fermentadas con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

Fermentación (días)	Contenido (mg/100g)		
	Polifenoles totales	Vitamina C	Capacidad antioxidante ($\mu\text{MolTE}/100\text{g}$)
0*	63,13 \pm 0,57	0,00 \pm 0,010	957,15 \pm 010
10	64,61 \pm 1,20	3,71 \pm 0,06	1005,53 \pm 024
20	82.30 \pm 0,27	7,55 \pm 9,25	1144,31 \pm 0.45
30	124,94 \pm 3.10	5,07 \pm 0,13	1233,86 \pm 0.60
40	193,21 \pm 0,76	8,55 \pm 0,60	1040,60 \pm 0.23
50	221,21 \pm 1,54	7,80 \pm 0,16	1439,90 \pm 0.02
60	212,51 \pm 1,63	8,82 \pm 0,05	1465,54 \pm 0-25

0*: quinua sin fermentar (control)

La prueba de ANOVA, permitió comparar las medias entre las muestras fermentadas a diferentes tiempos de incubación para los componentes nutricionales y los componentes funcionales (polifenoles totales y vitamina C) y la capacidad antioxidante, mostrando diferencias significativas. Ver Anexo 1.



5.2 Contrastación de hipótesis

La hipótesis general planteada en la investigación es la siguiente:

Hipótesis General: La fermentación en estado sólido por el hongo *Pleurotus ostreatus*, influye significativamente en el contenido nutricional y funcional de granos de quinua.

Ho: La hipótesis nula (todas las medias son iguales, al 95 % de confiabilidad)

Ha: Hipótesis alterna (no todas las medias son iguales, al 95 % de confiabilidad)

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna para el contenido nutricional y funcional de las muestras fermentadas, excepto para el contenido de cenizas que no existe diferencias significativas ($P > 0.05$).

5.3 Discusiones

La fermentación, es una antigua biotecnología alimentaria, se emplea para prolongar la vida útil y mejorar las cualidades nutricionales y sensoriales de los alimentos Bourdichon *et al.*, [2012]. Muchas semillas comestibles fermentadas contienen componentes bioactivos mejorados según, Gan *et al.*, [2017]. La presente investigación tuvo como objetivo: Evaluar el efecto de la fermentación en estado sólido del hongo *Pleurotus ostreatus* en el contenido nutricional y funcional de granos de quinua. Las muestras fermentadas expresaron un incremento nutricional y funcional. Con respecto al contenido de proteínas totales las muestras fermentadas a los 60 días presentaron el valor más alto de 20.62g/100g a los 60 días. CHEN *et al.* [2016] mencionan que *Pleurotus ostreatus*, es un hongo comestible muy popular, con un alto contenido de proteínas y polisacáridos. Se cultiva ampliamente en muchos países asiáticos, especialmente en China, Japón y Corea. En esta especie de hongo se identificaron 101 enzimas lignocelulolíticas, muchas enzimas activas de carbohidratos como las glicosidasas que participan en la síntesis y la ruptura de enlaces glicosídicos, lo que indica que *Pleurotus ostreatus* tiene un alto potencial de degradación del almidón.

El sustrato empleado para la fermentación fueron granos de quinua blanca perlada. Jacobsen and Stolen, [1993] señalan que el perispermo de los granos de quinua almacena la mayor parte del almidón, por otro lado Prego *et al.*, [1998], señalan que las semillas de quinua tienen tres áreas de reserva de alimentos: un perispermo central abundante (los granos de almidón ocupan el perispermo), un embrión periférico y un endospermo en



capas de una a dos células que rodea al hipocótilo- radícula del embrión. Según ZHAI *et al.*, [2015], el proceso de fermentación puede mejorar las propiedades antioxidantes de los productos fermentados. Al respecto también Holker and Lenz [2005]; Pooman and Ashok [2009] señalan que la fermentación en estado sólido (FES) ha recibido mayor interés en los últimos años, ya que este proceso puede conducir a mayores rendimientos y productos con mejores características nutricionales a bajos costos. Durante el proceso de fermentación, se sabe que los hongos producen numerosas enzimas, como las glucósido hidrolasa, enzimas que degradan celulosa o xilano, y esterasa que causan el ablandamiento de la estructura del grano, la ruptura de las paredes celulares de los cereales HUR *et al.*, [2014]. Estos estudios previos demuestran que el hongo *Pleurotus ostreatus* tiene la capacidad enzimática de degradar la celulosa del endospermo y el almidón de la reserva del perispermo para metabolizar principalmente proteínas y otros metabolitos secundarios.

Con respecto al contenido de proteínas en nuestra investigación en los granos de quinua sin fermentar fue 16.44mg/100g este resultado tiene relación con los reportes de KOZIOL M. J.[1992], quienes indican que, la quinua es un pseudocereal andino que contiene 14.6 % de proteínas, es de alta calidad, particularmente es rica en histidina y lisina (3.2 y 6.1 % respectivamente). ZHAI *et al.*, (2015) en su trabajo de investigación reportaron el contenido de proteínas totales en los 7 cereales fermentados fueron mayores que el control. Los contenidos de proteínas más altos fueron 19.0g/100g, 16.91 g/100g, 15.10 g/100g, 13.20 g/100, 12.9 g/100g (trigo, arroz, maíz, mijo, mijo perla (respectivamente). Estos valores son superiores a las muestras no fermentadas (control). Por lo tanto, el presente estudio destaca por su importancia en mejorar el contenido proteico de la quinua mediante FFS. Así que es razonable inferir que *Pleurotus ostreatus*, sintetiza proteínas durante la FFS en granos de quinua. ELIOPOULOS *et al.*, [2021], reportan que el contenido de proteínas aumento gradualmente durante la incubación, probablemente debido a la excreción de enzimas extracelulares durante el metabolismo del hongo, por otro lado el hongo *Pleurotus ostretus* las paredes celulares a través de las enzimas celulasas y glucosidasas liberando azúcares fermentables como fuente de energía y componentes estructurales.

En la quinua el almidón es la principal componente al respecto REPO *et al.*, [2003] reportó que en la quinua el almidón es el carbohidrato más importante y representa cerca del 58.1% al 64,2% de la materia seca total según. Así mismo QIAN AND KUHN,



[1999], mencionan que, en la quinua el almidón proporciona la principal fuente de energía fisiológica en la dieta humana, el contenido de carbohidrato se encuentra entre 58.1 a 64.2% de la materia seca.

Investigaciones recientes indican que los hongos comestibles y medicinales tienen la capacidad de producir enzimas al respecto ZHAI, *et al.*, [2015], indican que, el hongo *Agaricus blazei*, produce α -amilasa mediante FFS en granos y los componentes nutricionales de los sustratos mejoran, después de la fermentación por hongos superiores, estos son fuentes importantes de productos naturales y con buena actividad biológica. También señala que alta actividad de la α -amilasa producida por las hifas del hongo permiten la degradación del almidón en azúcares reductores para ser consumido por el hongo. En nuestra investigación el contenido de carbohidratos en la quinua pura sin fermentar fue de 69.0%. KOZIOL M. J.[1992], reporta que el almidón de la quinua en promedio oscila entre 48.00/100g. De todos estos resultados se puede obtener una conclusión de que, la degradación significativa de los carbohidratos por las hifas de *Pleurotus ostreatus* necesita un tiempo de fermentación para sintetizar otros compuestos como las proteínas, polifenoles, vitamina C.

Con respecto al contenido de grasa de la quinua, KOZIOL M. J.[1992], reporta que el contenido de grasa de la quinua oscila entre 5.0 a 6.1 g/100g, siendo los ácidos grasos esenciales los más importantes como el ácido linoleico y linolénico representan el 55-63% de la fracción lipídica. El ácido linoleico 50.2 % (omega 6) es uno de los ácidos grasos poliinsaturados más abundantes identificados en la quinua. Según Han *et al.*, (2005) en su trabajo de investigación, reportaron que el efecto de la FFS con *G. lucidum* sobre harina de maíz, el contenido de grasa en la muestra control fue mayor (10.0g/100g) que la muestra fermentada (8.0 g/100g). Los hongos no son buenos productores de grasa, más por el contrario tienen bajos niveles de grasas. LI *et al.*, (2016), reportan que en la FFS de cuajada de soya con el hongo *Morchella esculenta*, los niveles de grasa disminuyeron significativamente, señala que probablemente porque podrían degradarse y transformarse en polisacáridos y otras sustancias de cadena corta.

En nuestro trabajo de investigación no se encontraron diferencias significativas en el contenido de cenizas entre las muestras fermentadas y no fermentadas. LI *et al.*, (2016), reportan que en la FFS de cuajada de soya con el hongo *Morchella esculenta*, no



observaron ningún cambio en el contenido de cenizas entre las muestras fermentadas y muestras no fermentadas.

Los hongos también tienen una gran posibilidad de fabricar compuestos bioactivos, como los antioxidantes. Al respecto HUR *et al.*, (2014), señala que, después de la fermentación de frijoles negros con hongos filamentosos, se incrementó la cantidad de fenoles totales y antocianina más la actividad antioxidante. ETHEERTON *et al.*, (2002) indica que compuestos fenólicos tienen propiedades antioxidantes, y algunos estudios han demostrado efectos favorables sobre la trombosis y la tumorigénesis. Los compuestos bioactivos más comunes incluyen metabolitos como antibióticos, micotoxinas, alcaloides, pigmentos, factores de crecimiento vegetal y compuestos fenólicos (CALONGE D. 1990; DA SILVA AND NEUZA 2011; Silva *et al* 2007).

Respecto al contenido de polifenoles totales, ZHAI *et al.*, (2015) reporta en su investigación sobre productos fermentados a base de trigo, arroz, avena, maíz, mijo, mijo perla y sorgo. Los contenidos de fenoles totales de 5 cereales como el trigo, arroz, mijo, mijo perla y avena, alcanzaron valores máximos después de la fermentación durante 30 días por el hongo *Agaricus blazei*: 188.0mg/100g, 21mg/100g, 195mg/100g, 58mg/100g y 175mg/100g, respectivamente, estos valores fueron superiores a la del control; el mijo el que expuso mayor contenido de polifenoles totales con 195mg/100g con respecto a los otros 4 cereales.

[HAN *et al.*, 2005] señala que los polifenoles actúan como antioxidantes debido a las propiedades redox. Al respecto XU, *et al.*, [2019], en su trabajo de investigación evaluaron el efecto de la fermentación sobre el contenido de nutrientes y antioxidantes de la quinua fomentada por tres hongos *Helvella lacunosa* (X1), *Agaricus bisporus* (AS2796) y *Fomitiporia yanbeiensis* (G1) en FES, durante 35 días. El contenido de fenoles totales en quinua fermentada con las cepas X1, AS2796 y G1 alcanzaron a 138, 130 y 133 mg/100g respectivamente. Los compuestos polifenólicos, son los compuestos naturales más explorados debido a sus beneficios para la salud, se han relacionado con actividades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, antihipertensivas, cardioprotectores, antiartríticas y antimicrobianas BHUYAN and BASU, [2017]. LI *et al.*, [2016] emplearon residuos de cuajada de soya (RCS) como sustrato de fermentación para el hongo *Morchella esculenta.*, evaluaron aminoácidos libres y polifenoles totales en residuos de cuajada de soya no fermentada y muestras fermentadas de cuajada de soya



fermentada (RCSF); el contenido de polifenoles totales aumentó de 599 a 770 mg/100g. En nuestra investigación los hallazgos del contenido de polifenoles totales a los 60 días de fermentación fue de 212.51 mg/100g, valor superior a la investigación realizado por YANG *et al.*, [2020], quienes analizaron el contenido de polifenoles totales, en residuos de soya fermentada en fase sólida con *Ganoderma lucidum* (FSGL) y *Pleurotus ostreatus* (FSLE) y en residuos no fermentados (control). Los resultados del contenido de polifenoles totales para *Ganoderma* (FSGL) fue de 122mg/100g y para *Pleurotus ostreatus* (FSLE) con 720mg/100g y la muestra control (residuo de soya no fermentada) fue de 80mg/100g. En nuestra investigación en la quinua sin fermentar encontramos 63.13mg/100g. y el contenido de polifenoles totales a los 60 días de fermentación fue 212.51 mg/100g.

En nuestro trabajo de investigación en contenido de Vitamina C en la quinua fermentada varia durante los diferentes tiempos de fermentación, es así que al día 20 y 30 se incrementa (7.55 a 7.55 mg/100g), con respecto a la quinua control (5.87 mg/100g), con valores superiores en 43.12 %, 48.95 % respectivamente. El máximo valor se presentó al día 60 con 8.82mg/100g superando al control en 49.18%. Estos cambios en el contenido de vitamina C en las muestras fermentadas se podría inferir a las propiedades d inestabilidad de la vitamina C, al respecto BADUI D. (1999) señala que la vitamina C es necesario para la síntesis del tejido conectivo colágena, para la formación de huesos, de la dentina de los dientes, de los cartílagos y de las paredes de los capilares sanguíneos, intervienen en reacciones de oxidación-reducción, ayuda a la absorción de hierro, por lo que es fundamental en la dieta de pueblos que basan su alimentación en granos y semillas, de todas las vitaminas la C es la más inestable y lábil, esta vitamina es sensible a pH ácidos y en actividades acuosas, resiste a temperaturas de esterilización, aunque se llega a destruir térmicamente por vía no oxidativa. SRINIVASAN *et al.*, (2010) tambien menciona que la ausencia prolongada de ácido ascórbico en la dieta de la la especie humana ocasiona la enfermedad carencial denominada escorbuto; una deficiencia menor produce alteraciones en el tejido conjuntivo y disminuye la resistencia frente a algunas infecciones. El ácido ascórbico se halla presente en grandes en los frutos cítricos y en los tomates. Según FENNEMA O. (2000), el ácido L-ascórbico es muy sensible a la oxidación, especialmente cuando la reacción esta catalizada por iones metálicos como Cu^{2+} y Fe^{3+} . Así mismo el calor y la luz aceleran el proceso. En tanto factores como el pH, la concentración de oxígeno y la actividad del agua influyen poderosamente en la velocidad de reacción. Por otro lado la



QP tuvo un 5.87 mg/100g este valor coincide con el reporte de KOZIOL M. J. [1992], quien señala que, las principales vitaminas que se encuentran en al quinua el β -caroteno y la vitamina C con 4.0mg/100g, riboflavina 0.39mg/100g, tiamina 0.38mg/100g. (RUALES & NAIR, 1994).

Los resultados también mostraron que las propiedades antioxidante en la quinua fermentada mejoraron a medida que transcurría el tiempo de fermentación en comparación con el control, esto coincidiendo con la investigación de ZHAI *et al.*, [2015], quienes evaluaron la capacidad antioxidante de granos fermentados y no fermentados y mostraron que los cereales fermentados tenían mayor actividad antioxidante en comparación con el control (granos sin fermentar). XU, et al., [2019], en su trabajo de investigación evaluaron el efecto de la fermentación sobre el contenido de nutrientes y antioxidantes de la quinua fermentada por tres hongos demostraron que estos granos fermentados tienen propiedades antioxidantes y juegan un papel importante en el mantenimiento de la salud. YANG *et al.*, [2020], señalan que en los residuos de soya fermentada por *Ganoderma lucidum* (FSGL) y *Lentinus edodes* (FSLE), la capacidad antioxidante fue de 144 y 45 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$, y las muestras de soya no fermentada presentaron 15 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$ de capacidad antioxidante. Nuestros hallazgos son consistentes y superiores con respecto a la capacidad antioxidante, encontramos 1465.54 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$ a los 60 días de fermentación con micelio de *Pleurotus ostreatus* en granos de quinua. El contenido de polifenoles totales en las muestras fermentadas a los 60 días fue el doble con respecto a las muestras control (QP) que presento solo 957.15 $\mu\text{Mol}/100\text{g}$.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El presente trabajo de investigación concluye como sigue:

- El tiempo de fermentación tuvo efectos significativos sobre el contenido de componentes nutricionales y actividad antioxidante en el producto fermentado.
- El proceso de fermentación en fase sólida de granos de quinua con micelio del hongo *Pleurotus Ostreatus*, incrementa el contenido de proteínas totales, a media que transcurre el tiempo de incubación, presentando a los 60 días de incubación 20.62 g/100g, valor superior a la quinua sin fermentar (16.44 g/100g) en un 31.6 %.
- El proceso de fermentación, en fase sólida de granos de quinua con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, redujo el contenido de carbohidratos de 60.30 g/100g a 38.20 g/100g. El contenido de cenizas en las muestras fermentadas no presentó diferencias significativas con respecto a la quinua sin fermentar.
- El proceso de fermentación, en fase sólida de granos de quinua con micelio del hongo mejoró el contenido de polifenoles totales, vitamina C y capacidad antioxidante, con el transcurso del tiempo de incubación, con valores mayores a los 60 días de fermentación.

6.2 Recomendaciones

- Se debe utilizar otros granos andinos y leguminosas para obtener productos fermentados no solo con especies fúngicas, también con bacterias.
- Se debe evaluar el perfil de aminoácidos y la caracterización de minerales en estos productos fermentados.
- En futuras investigaciones deberían evaluarse la relación de los compuestos bioactivos como los polifenoles, flavonoides, carotenoides y otros con la capacidad antioxidante en otras variedades de quinua.



- Deben ensayarse todos los compuestos bioactivos presentes en el producto fermentado.
- Emplear otras especies como hongos filamentosos y levaduras para obtener bebidas y alimentos fermentados con propiedades nutricionales y funcionales aceptables.
- Este producto fermentado se debería considerar como sustituto parcial en la formulación de otros productos.
- Realizar el perfil de ácidos grasos poliinsaturados



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUGOCH JAMES, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 58, Issue 09). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- AELLEN, P., & JUST, T. (1943). Key and Synopsis of the American Species of the Genus *Chenopodium* L. *American Midland Naturalist*, 30(1), 47. <https://doi.org/10.2307/2421263>
- AHMED, S. A. A., ABD EL-RAHMAN, G. I., BEHAIRY, A., BEHEIRY, R. R., HENDAM, B. M., ALSUBAIE, F. M., & KHALIL, S. R. (2020). Influence of feeding quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds and prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*) peel on the immune response and resistance to *Aeromonas sobria* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*, 10(12), 1–31. <https://doi.org/10.3390/ani10122266>
- AOAC. (2000). Official methods of Analysis. *Association of Official Analytical Chemists*.
- BAARS, J. (2018). Fungi as Food. In I. John Wiley & Sons (Ed.), *Fungi: Biology and Applications* (Third Edit, pp. 148–168).
- BADUI, D. (1999). *Química de los alimentos*.
- BHANJA, T., KUMARI, A., & BANERJEE, R. (2009). Enrichment of phenolics and free radical scavenging property of wheat koji prepared with two filamentous fungi. *Bioresource Technology*, 100(11), 2861–2866. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.055>
- BHUYAN, D. J., & BASU, A. (2017). Phenolic compounds: Potential Health Benefits and Toxicity. In Q. V. Vuon (Ed.), *Utilisation of Bioactive Compounds from Agricultural and Food Production Waste* (pp. 27–59). Taylor & Francis Group.
- BISEN, P. S., BAGHEL, R. K., SANODIYA, B. S., THAKUR, G. S., & PRASAD, G. B. K. S. (2010). 092986710791698495.Pdf. *Current Medicinal Chemistry*, 17, 2419–2430.
- BOURDICHON, F., CASAREGOLA, S., FARROKH, C., FRISVAD, J., GERDS, M., HAMMES, W., HARNETT, J., HUYS, G., LAULUND, S., OUWEHAND, A., POWELL, I., PRAJAPATI, J., SETO, Y., TER, S. E., VAN, B. A., VANKERCKHOVEN, V., ZGODA, A., TUIJTELAARS, S., & HANSEN, E. (2012). Food fermentations:



microorganisms with technological use beneficial. *Food Microbiology*, 154, 87–97.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

BRAVO, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317–333. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x>

CALONGE, F. DE D. (1990). *Setas (Hongos)* (E. Mundi-Prensa (ed.); 2nd ed.).

CHEN, L., GONG, Y., CAI, Y., LIU, W., ZHOU, Y., XIAO, Y., XU, Z., LIU, Y., LEI, X., WANG, G., GUO, M., MA, X., & BIAN, Y. (2016). Genome sequence of the edible cultivated mushroom *Lentinula edodes* (shiitake) reveals insights into lignocellulose degradation. *PLoS ONE*, 11(8), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160336>

CHOUHAN, S., SHARMA, K., & GULERIA, S. (2019). Augmenting bioactivity of plant-based foods using fermentation. *A Handbook on High Value Fermentation Products, Volume 2: Human Welfare*, 2, 165–183. <https://doi.org/10.1002/9781119555384.ch9>

COHEN, R., PERSKY, L., & HADAR, Y. (2012). Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 58, 582–594.

DAVEY, M. W., VAN MONTAGU, M., INZÉ, D., SANMARTIN, M., KANELIS, A., SMIRNOFF, N., BENZIE, I. F. F., STRAIN, J. J., FAVELL, D., & FLETCHER, J. (2000). Plant L-ascorbic acid: Chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 825–860. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<825::AID-JSFA598>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<825::AID-JSFA598>3.0.CO;2-6)

DE BRUIN, A. (1963). Investigation of the food value of Quinoa and Cañihua seed. *Journal of Food Science*, 29(6), 872–876.

DINI, A., RASTRELLI, L., SATURNINO, P., & SCHETTINO, O. (1992). A compositional study of *Chenopodium quinoa* seeds. *Food / Nahrung*, 36(4), 400–404. <https://doi.org/10.1002/food.19920360412>

ELIOPOULOS, C., ARAPOGLOU, D., CHORIANOPOULOS, N., MARKOU, G., &



- HAROUTOUNIAN, S. A. (2021). Conversion of brewers' spent grain into proteinaceous animal feed using solid state fermentation. *Environmental Science and Pollution Research*.
- ENDES. (2020). *Apurímac, Encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES 2020*. <https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2020/departamentales/Endes03/pdf/Apurimac.pdf>
- FENNEMA, O. R. (2000). *Química de los alimentos* (2nd ed.).
- GAN, R.-Y., LI, H.-B., GUNARATNE, A., SUI, Z.-Q., & CORKE, H. (2017). Effects of Fermented Edible Seeds and Their Products on Human Health: Bioactive Components and Bioactivities. In *Food Science and Food Safety*.
- GLORIO, P., REPO-CARRASCO, R., & VELEZMORO, C. (2003). Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. In *Libro CYTED Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos* (p. . 607-630).
- GÜNÇ ERGÖNÜL, P., AKATA, I., KALYONCU, F., & ERGÖNÜL, B. (2013). Fatty Acid Compositions of Six Wild Edible Mushroom Species. *The Scientific World Journal*, 2013, 163964. <https://doi.org/10.1155/2013/163964>
- Han, J. R., An, C. H., & Yuan, J. M. (2005). Solid-state fermentation of cornmeal with the basidiomycete *Ganoderma lucidum* for degrading starch and upgrading nutritional value. *Journal of Applied Microbiology*, 99(4), 910–915. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02672.x>
- HÖLKER, U., & LENZ, J. (2005). Solid-state fermentation - Are there any biotechnological advantages? *Current Opinion in Microbiology*, 8(3), 301–306. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2005.04.006>
- HUR, S. J., LEE, S. Y., KIM, Y. C., CHOI, I., & KIM, G. B. (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food Chemistry*, 160, 346–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.112>
- IBARRA, J. E., Cristina, M., Rincón, D., Galindo, E., Patiño, M., Alcázar-pizaña, A., Luna-olvera, H., Galán-wong, L., Pardo, L., Muñoz-garay, C., Gómez, I., Soberón, M., & Bravo, A. (2006). *Artemisa insectos y fitopatógenos*.
- INEI. (2014). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar-ENDES*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1211/pdf



/Libro.pdf

- INEI. (2015). *IV Censo Nacional de Comisarias 2015*. <https://www.inei.gob.pe/>
- JACOBSEN, S.-E., & STØLEN, O. (1993). Quinoa - Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy*, 2(1), 19–29. [https://doi.org/10.1016/s1161-0301\(14\)80148-2](https://doi.org/10.1016/s1161-0301(14)80148-2)
- KOZIOL' LATINRECO, M. J. (1992). Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 35–68.
- KRIS-ETHERTON, P. M., HECKER, K. D., BONANOME, A., COVAL, S. M., BINKOSKI, A. E., HILPERT, K. F., GRIEL, A. E., & ETHERTON, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113(9 SUPPL. 2), 71–88. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(01\)00995-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(01)00995-0)
- LI, S., CHEN, Y., LI, K., LEI, Z., & ZHANG, Z. (2016). Characterization of physicochemical properties of fermented soybean curd residue by *Morchella esculenta*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 109, 113–118. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.01.020>
- MINAM. (2017). *Biocomercio y Gestión Ambiental Rentable en el cultivo de quinua*.
- MINSA. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. In *Revista de enfermería (Barcelona, Spain)* (8th ed., Vol. 6, Issue 56). http://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/843_MS-INS77.pdf
- MIRANDA, M., RODRÍGUEZ, M. J., MARTÍNEZ, E. A., VEGA-GÁLVEZ, A., QUISPE-FUENTES, I., & MAUREIRA, H. (2012). Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(2), 175–181.
- MUJICA, A., & JACOBSEN, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 449–457. [http://www.beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 27.pdf](http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2027.pdf)
- NAVRUZ-VARLI, S., & SANLIER, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 0(0), 371–376.



- NAVRUZ-VARLI, SEMRA, & SANLIER, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- NIGAM, P. S. NEE', GUPTA, N., & ANTHWAL, A. (2009). Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation. In P. Singh nee' Nigam & A. Pandey (Eds.), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7>
- PADAYATTY, S. J., & LEVINE, M. (2016). Vitamin C: the known and the unknown and Goldilocks. *Oral Diseases*, 22(6), 463–493. <https://doi.org/10.1111/odi.12446>
- PÁSKO, P., BARTOŃ, H., ZAGRODZKI, P., GORINSTEIN, S., FOŁTA, M., & ZACHWIEJA, Z. (2009). Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry*, 115(3), 994–998. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.037>
- PLATT, M. W., Hadar, Y., & Chet, I. (1984). Fungal activities involved in lignocellulose degradation by Pleurotus. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 20, 150–154.
- PREGO, I., MALDONADO, S., & OTEGUI, M. (1998). Seed structure and localization of reserves in Chenopodium quinoa. *Annals of Botany*, 82(4), 481–488. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0704>
- PURI, B., & HALL, A. (1998). Phytochemical Dictionary. *Phytochemical Dictionary, March*, 1993. <https://doi.org/10.4324/9780203483756>
- QIAN, J. Y., & KUHN, M. (1999). Characterization of Amaranthus cruentus and Chenopodium quinoa Starch. *Starch/Staerke*, 51(4), 116–120. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1521-379x\(199904\)51:4<116::aid-star116>3.3.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1521-379x(199904)51:4<116::aid-star116>3.3.co;2-i)
- REPO-CARRASCO, R., ESPINOZA, C., & JACOBSEN, S. E. (2003). Nutritional value and use of the andean crops quinoa (Chenopodium quinoa) and kañiwa (Chenopodium pallidicaule). *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- REPO-CARRASCO, RITVA, ESPINOZA, C., & JACOBSEN, S. E. (2003). Valor nutricional y uso de los cultivos andinos de quinua (Chenopodium quinoa) y kaniwa (Chenopodium pallidicaule). *Reseñas de Alimentos Int*, 0(0), 179–189.



- REPO DE CARRASCO, R., & ENCINA ZELADA, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua. *Rev Soc Quím Perú*, 74(2), 85–99.
- ROJAS, W., ALANDIA, G., IRIGOYEN, J., BLAJOS, J., & SANTIVÁÑEZ, T. (2011). La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. *Oficina Regional Para America Latina y El Caribe, FAO*, 37, 66. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.03.010>
- RUALES, J., & NAIR, B. M. (1994). Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 45(3), 223–246. <https://doi.org/10.1007/BF01094092>
- RUIZ, K. B., BIONDI, S., OSES, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Molina-Montenegro, M. A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 349–359. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0195-0>
- S. A. VALENCIA-CHAMORRO. (2003). Quinoa In: Caballero B. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition, Academic Press, Waltham*, 4895–4902.
- SANDE, D., OLIVEIRA, G. P. DE, MOURA, M. A. F. E, MARTINS, B. DE A., LIMA, M. T. N. S., & TAKAHASHI, J. A. (2019). Edible mushrooms as a ubiquitous source of essential fatty acids. *Food Research International*, 125, 108524. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108524>
- SHI, M., YANG, Y., WANG, Q., ZHANG, Y., WANG, Y., & ZHANG, Z. (2012). Production of total polyphenol from fermented soybean curd residue by *Lentinus edodes*. *International Journal of Food Science and Technology*.
- SINGHANIA, R. R., PATEL, A. K., SOCCOL, C. R., & PANDEY, A. (2009). Recent advances in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 44(1), 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2008.10.019>
- SPEHAR, C., & DE BARROS SANTOS, R. L. (2002). Quinoa BRS Piabiru: Alternative for diversification of cropping systems. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 37(6), 809–893.
- SRINIVASAN, DAMODARAN, PARKIN, K. L., & OWEN, F. (2010). *Química de los*



Alimentos (Acribia (ed.); 3rd ed.).

- STARZYŃSKA-JANISZEWSKA, A., BĄCZKOWICZ, M., SABAT, R., STODOLAK, B., & WITKOWICZ, R. (2017). Quinoa Tempe as a Value-Added Food: Sensory, Nutritional, and Bioactive Parameters of Products from White, Red, and Black Seeds. *Cereal Chemistry*, *94*(3), 491–496. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-16-0186-R>
- STARZYŃSKA-JANISZEWSKA, A., STODOLAK, B., DULINSKI, R., MICKOWSKA, B., & SABAT, R. (2017). Fermentation of colored quinoa seeds with *neurospora intermedia* to obtain oncom-type products of favorable nutritional and bioactive characteristics. *Cereal Chemistry*, *94*(3), 619–624. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-10-16-0264-R>
- Stress, O., Al-qabba, M. M., El-mowafy, M. A., Althwab, S. A., & Alfheaid, H. A. (2020). *Ameliorating E ffi cacy of Chenopodium quinoa Sprouts*.
- SURYANARAYAN, S. (2003). Current industrial practice in solid state fermentations for secondary metabolite production: The Biocon India experience. *Biochemical Engineering Journal*, *13*(2–3), 189–195. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00131-6](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00131-6)
- TAPIA, M. (1979). La quinua y la kañiwa. In *Ciid, Iica* (p. 232).
- TONG, Z., PULLAMMANAPPALLIL, P., & TEIXEIRA, A. A. (2019). how ethanol is made from cellulosic biomass. *IFAS Extension University of Florida*, 1–4. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7>
- VEGA-GÁLVEZ, A., MIRANDA, M., VERGARA, J., URIBE, E., PUENTE, L., & MARTÍNEZ, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(15), 2541–2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- VILCACUNDO, R., & HERNÁNDEZ-LEDESMA, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Current Opinion in Food Science*, *14*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>
- XU, L. N., GUO, S., & ZHANG, S. W. (2019). Effects of solid-state fermentation on the nutritional components and antioxidant properties from quinoa. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, *31*(1), 39–45. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i1.1898>
- YANG, L.-C., FU, T.-J., & YANG, F.-C. (2020). Biovalorization of soybean residue (okara)



via fermentation with *Ganoderma lucidum* and *Lentinus edodes* to attain products with high anti-osteoporotic effects. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 0(0), 514–518.

ZHAI, F.-H., Wang, Q., & Han, J.-R. (2015). Nutritional components and antioxidant properties of seven kinds of cereals fermented by the basidiomycete *Agaricus blazei*. *Journal of Cereal Science*, 65, 202e208.

ZHAI, F. H., Wang, Q., & Han, J. R. (2015). Nutritional components and antioxidant properties of seven kinds of cereals fermented by the basidiomycete *Agaricus blazei*. *Journal of Cereal Science*, 65, 202–208. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2015.07.010>



ANEXOS



ANEXOS 1

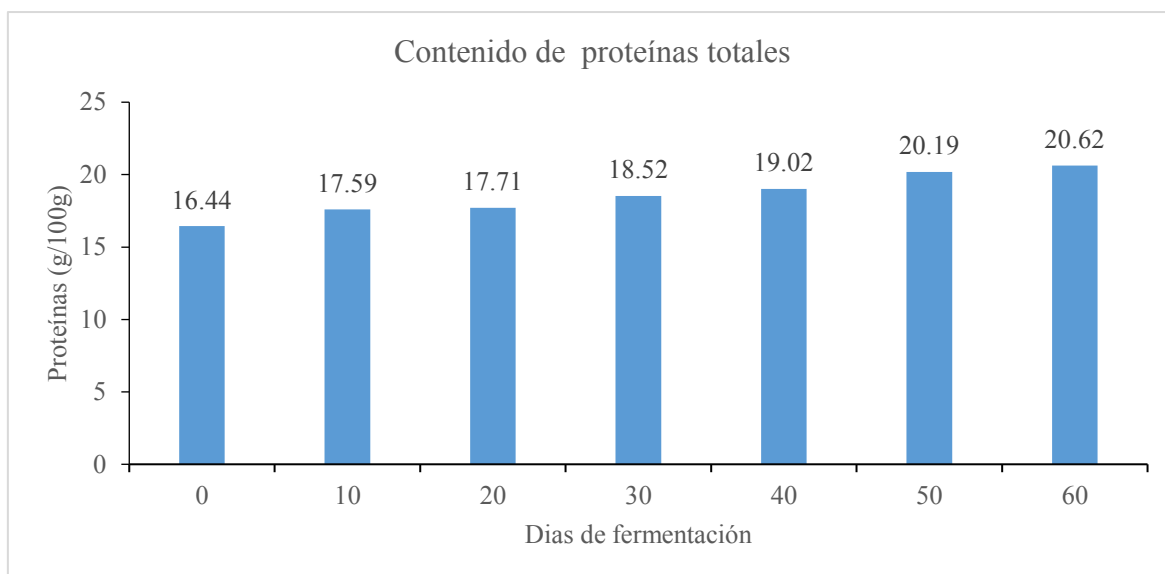


Figura 1 — Contenido de proteínas en muestras de quinua fermentada con micelio del hongo *Pleurotus Ostreatus*

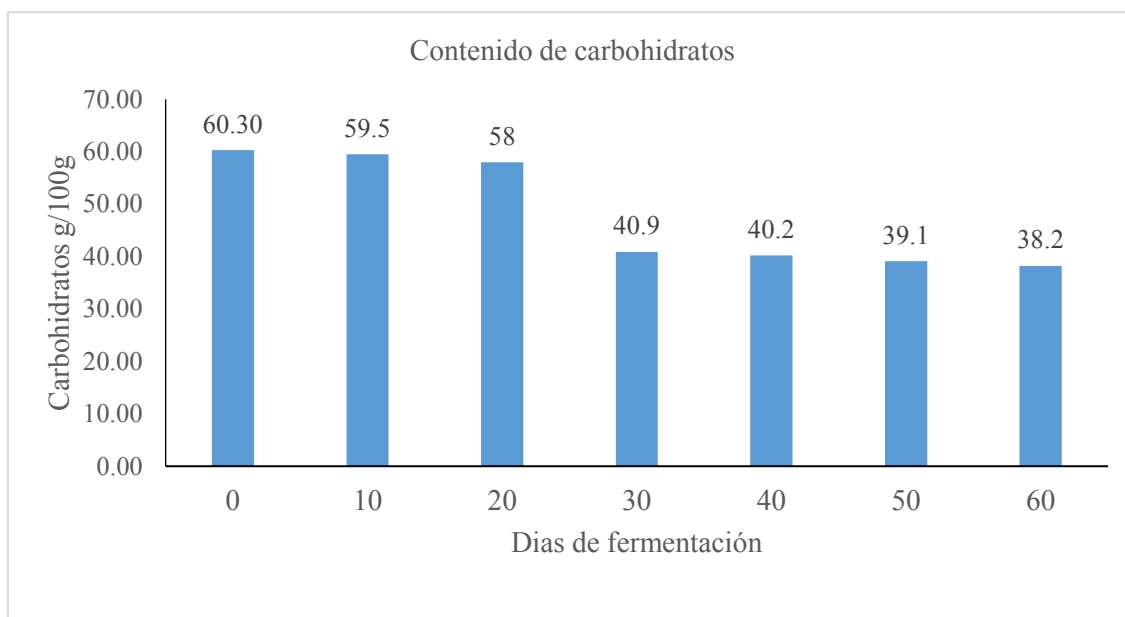


Figura 2 — Evaluación del contenido de carbohidratos en muestras de quinua fermentada con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*



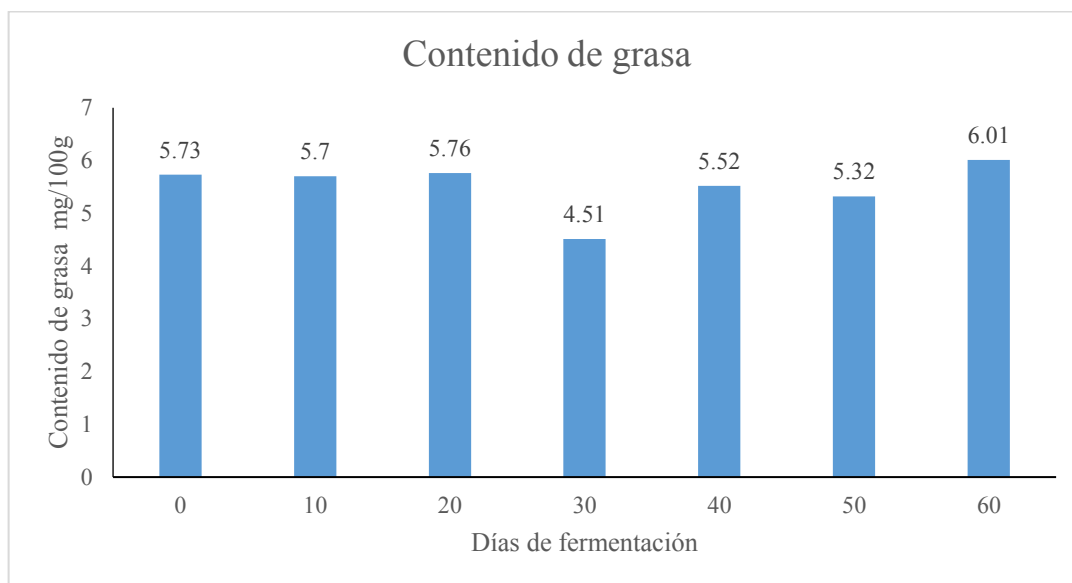


Figura 3 — Evaluación del contenido de grasa en muestras de quinua fermentada con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

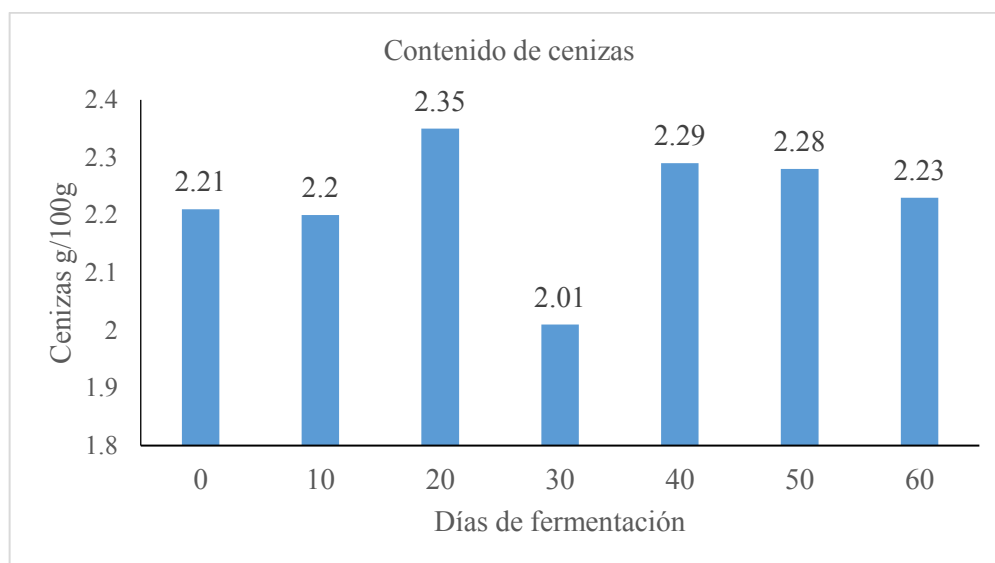


Figura 4 — Contenido de cenizas en muestras de quinua fermentada con el hongo *Pleurotus ostreatus*

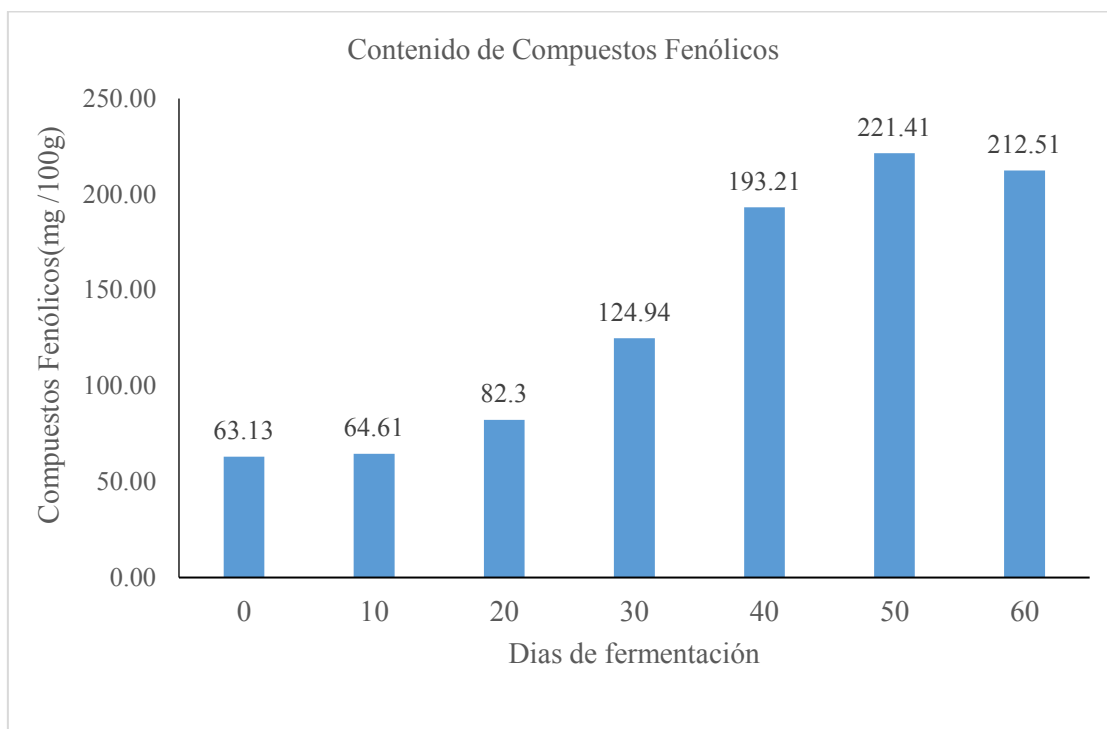


Figura 5 — Contenido de polifenoles totales en muestras de quinua fermentada con el hongo *Pleurotus ostreatus*

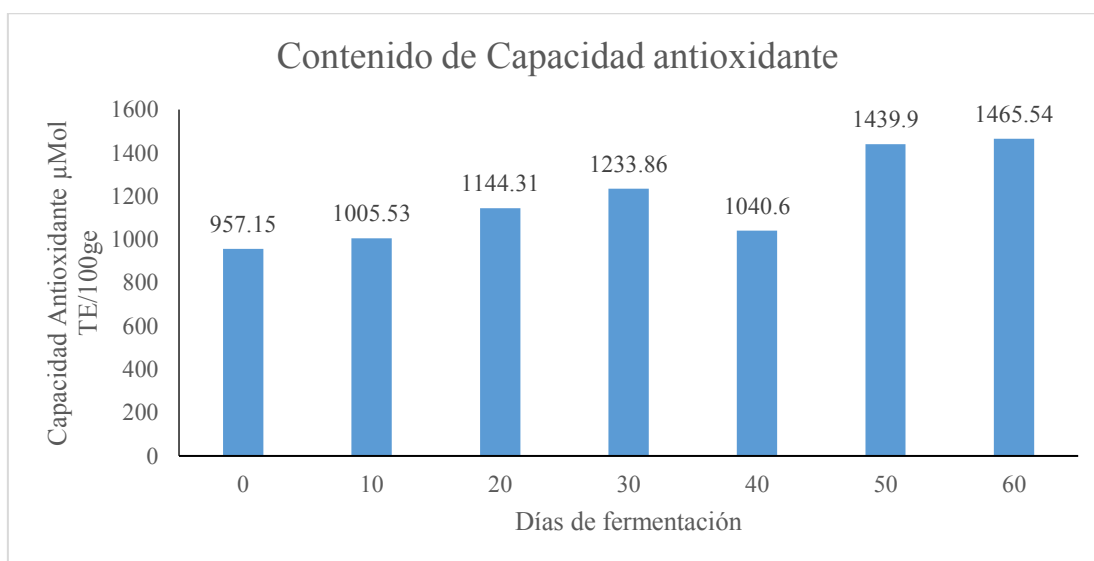


Figura 6 — Capacidad antioxidante en muestras de quinua fermentada con el hongo *Pleurotus ostreatus*

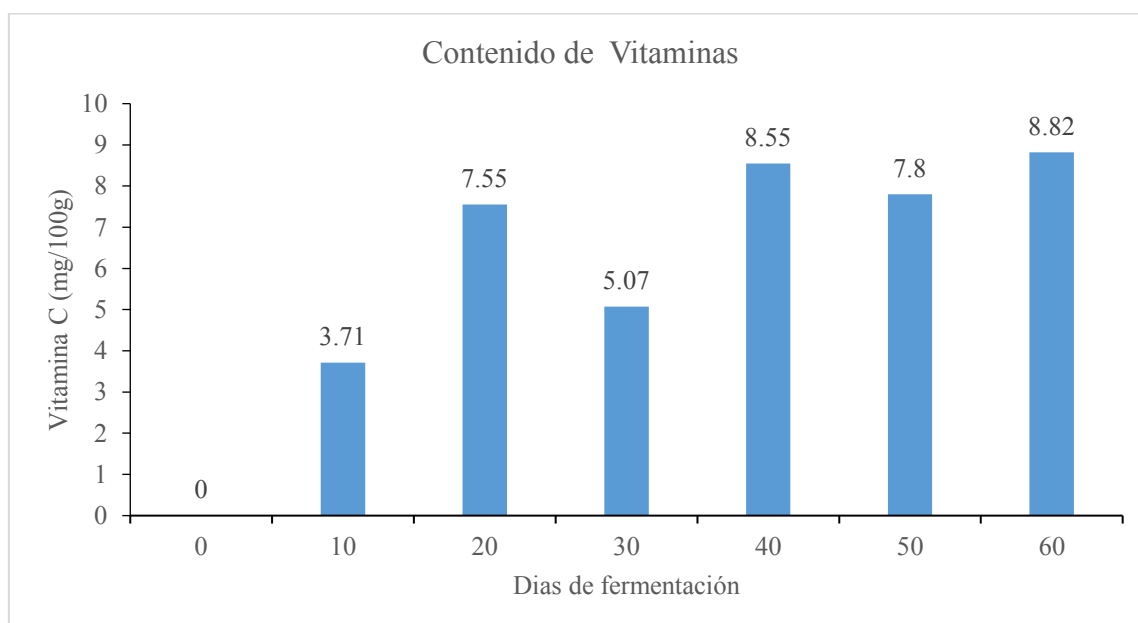


Figura 7 — Contenido de vitamina C en muestras de quinua fermentada con el hongo *Pleurotus ostreatus*

ANEXO 2 PRUEBAS Y MUESTRAS

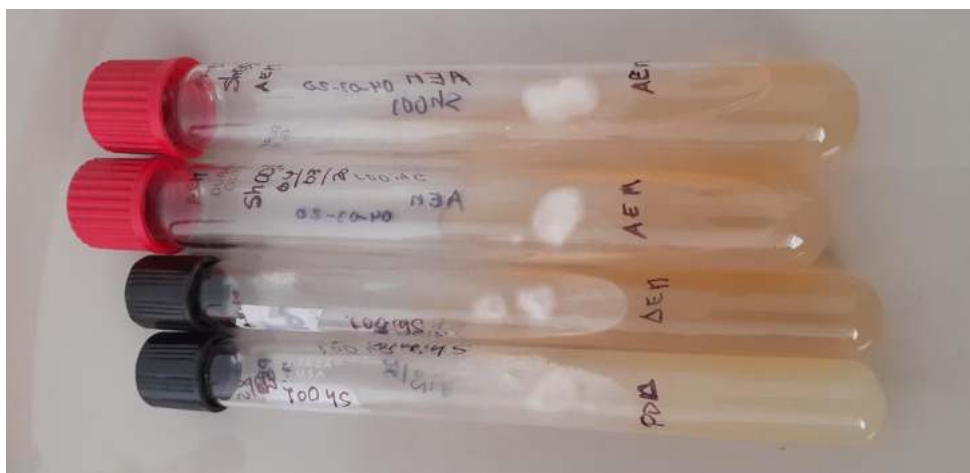


Figura 8 — Micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* mantenido en cepario del Lab. Microbiología E.A.P. Ingeniería Agroindustrial – UNAMBA



Figura 9 — Micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* Lab. Microbiología E.A.P. Ingeniería Agroindustrial – UNAMBA



Figura 10 — Cultivo del micelio del hongo (*Pleurotus ostreatus*) en medios de cultivo

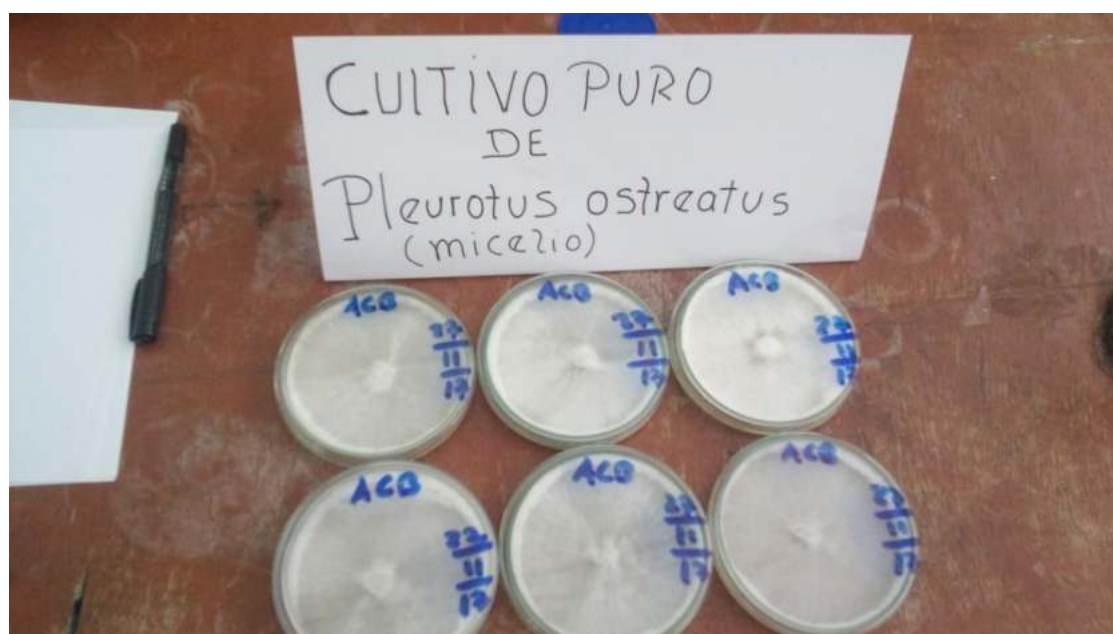


Figura 11 — Desarrollo del micelio en medios de cultivo (14 días de incubación)



Figura 12 — Acondicionamiento de la quinua en frascos de vidrio de 250 g/frasco



Figura 13 — Inoculación Micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*



Figura 14 — Tratamiento térmico, esterilización



Figura 15 — Fermentación en fase sólida del micelio del *Pleurotus ostreatus* en granos de quinua (diez días)



Figura 16 — Fermentación en fase sólida de micelio de *Pleurotus ostreatus* en granos de quinua (60 días



Figura 17 — Cosecha de los granos de quinua fermentado con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*



Figura 18 — Muestras de quinua fermentado con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*



Figura 19 — Total de muestras de quinua fermentado con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*




Figura 20 — Verificación de muestras de quinua fermentado con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*



Figura 21 — Verificación del total de muestras de quinua fermentado con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, Universidad Nacional Agraria la Molina

ANEXO 3

RESULTADOS DE MUESTRAS



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos
INFORME DE ENSAYOS
N° 001330 - 2019



SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
 RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTRA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinua Willd)
DÍAS: 0 DÍAS (TESTIGO)

CANTIDAD RECIBIDA : 1514,7 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
DECLARACIÓN DE APTITUD: APTITUD: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1.- % Kcal. proveniente de Grasa	14,3	---	---	---
2.- % Kcal. proveniente de Proteínas	18,4	---	---	---
3.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	60,3	---	---	---
4.- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	358,5	---	---	---
5.- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6,25)	16,5	16,39	16,51	16,44
6.- Cenizas (g/100 g de muestra original)	2,2	2,20	2,23	2,21
7.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	67,3	---	---	---
8.- Grasa (g/100 g de muestra original)	5,7	5,72	5,74	6,74
9.- Humedad (g/100 g de muestra original)	15,3	15,25	15,32	15,30
10.- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	957,1	957,31	957,06	957,08
11.- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	0,0	0,00	0,00	0,00
12.- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	63,1	63,76	62,48	63,15

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:
 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 5.- NTP 205 005:1979 (Revisada al 2011)
 6.- NTP 205 004:2017
 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 8.- NTP 205 006:2017
 9.- NTP 205 002:1979 (Revisada al 2016)
 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 001330-2019 Pág. 1/2


Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal -  la molina calidad total

Figura 22— Informe de ensayo N° 001330-2019 de 0 días



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**



Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos
INFORME DE ENSAYOS
N° 001324 - 2019

SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTRA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinoa Willd)
DÍAS: 10

CANTIDAD RECIBIDA : 1331 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:



ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
ANÁLISIS: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1.- % Kcal proveniente de Grasa	13,6	---	---	---
2.- % Kcal proveniente de Proteínas	18,7	---	---	---
3.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	63,6	---	---	---
4.- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	376,1	---	---	---
5.- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6,25)	17,6	17,57	17,61	17,60
6.- Cenizas (g/100 g de muestra original)	2,2	2,19	2,21	2,20
7.- % Kcal proveniente de Carbohidratos	67,6	---	---	---
8.- Grasa (g/100 g de muestra original)	5,7	5,70	5,72	5,70
9.- Humedad (g/100 g de muestra original)	10,9	10,95	10,93	10,94
10.- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	1005,8	1004,97	1005,80	1005,82
11.- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	3,7	3,71	3,71	3,71
12.- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	63,6	63,13	64,12	63,58

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 5.- NTP 205.005:1979 (Revisada al 2011)
- 6.- NTP 205.004:2017
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- NTP 205.006:2017
- 9.- NTP 205.002:1979 (Revisada al 2016)
- 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
- 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
- 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 001324-2019

Pág. 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Figura 23— Informe de ensayo N° 001334-2019 de 10 días





**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**



Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 001325 - 2019

SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
 RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTRA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinoa Willd)
 DÍAS: 20

CANTIDAD RECIBIDA : 1616,1 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:



ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
 REFERENCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1- % Kcal. proveniente de Grasa	13,8	---	---	---
2- % Kcal. proveniente de Proteínas	18,7	---	---	---
3- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	64,0	---	---	---
4- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	379,0	---	---	---
5- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6,25)	17,7	17,72	17,71	17,70
6- Cenizas (g/100 g de muestra original)	2,4	2,33	2,38	2,35
7- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	67,5	---	---	---
8- Grasa (g/100 g de muestra original)	5,8	5,78	5,81	5,80
9- Humedad (g/100 g de muestra original)	10,1	10,13	10,07	10,11
10- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	1144,3	1145,45	1143,30	1144,20
11- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	7,5	7,55	7,55	7,55
12- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	82,3	82,63	82,14	82,13

- MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:**
- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 - 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 - 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
 - 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 - 5.- NTP 205.005:1979 (Revisada al 2011)
 - 6.- NTP 205.004:2017
 - 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
 - 8.- NTP 205.006:2017
 - 9.- NTP 205.002:1979 (Revisada al 2016)
 - 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
 - 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
 - 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 001325-2019

Pág. 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Figura 24— Informe de ensayo N° 001325-2019 de 20 días





**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**



Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 001326 - 2019

SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
 RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTRA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinua Willd)
 DÍAS: 30

CANTIDAD RECIBIDA : 1728 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERIODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:



ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ACCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1.- % Kcal. proveniente de Grasa	10,7	---	---	---
2.- % Kcal. proveniente de Proteínas	21,3	---	---	---
3.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	64,5	---	---	---
4.- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	379,3	---	---	---
5.- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6,25)	20,2	20,18	20,20	20,19
6.- Cenizas (g/100 g de muestra original)	2,0	2,05	2,00	2,00
7.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	68,0	---	---	---
8.- Grasa (g/100 g de muestra original)	4,5	4,51	4,52	4,51
9.- Humedad (g/100 g de muestra original)	8,8	8,71	8,82	8,77
10.- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	1235,4	1240,28	1230,65	1230,65
11.- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	5,1	5,07	5,07	5,07
12.- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	124,9	124,94	124,94	124,95

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 5.- NTP 205 005:1979 (Revisada al 2011)
- 6.- NTP 205 004:2017
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- NTP 205 006:2017
- 9.- NTP 205 002:1979 (Revisada al 2016)
- 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
- 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
- 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 001326-2019

Pág. 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794

E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Figura 25 — Informe de ensayo N° 001326-2019 de 30 días





**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**



Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

Nº 001327 - 2019

SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
 RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTREA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinoa Willd)
 DÍAS: 40

CANTIDAD RECIBIDA : 856.6 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S NºEN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:



ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

DECLARACIÓN DE APTITUD: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1.- % Kcal. proveniente de Grasa	13,4	---	---	---
2.- % Kcal. proveniente de Proteínas	20,6	---	---	---
3.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	60,8	---	---	---
4.- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	368,7	---	---	---
5.- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6.25)	19,0	19,03	19,02	19,02
6.- Cenizas (g/100 g de muestra original)	2,3	2,29	2,29	2,29
7.- % Kcal proveniente de Carbohidratos	66,0	---	---	---
8.- Grasa (g/100 g de muestra original)	5,5	5,48	5,52	5,58
9.- Humedad (g/100 g de muestra original)	12,4	12,35	12,44	12,40
10.- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	1404,6	1406,48	1402,89	1404,45
11.- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	8,6	8,55	8,55	8,55
12.- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	193,2	193,80	192,74	193,11

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 5.- NTP 205 005:1979 (Revisada al 2011)
- 6.- NTP 205.004:2017
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- NTP 205.006:2017
- 9.- NTP 205 002:1979 (Revisada al 2016)
- 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
- 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
- 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS Nº 001327-2019

Pág. 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Figura 26 — Informe de ensayo Nº 001327-2019 de 40 días





**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**



Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 001328 - 2019

SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
 RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTRA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinoa Willd)
 DÍAS: 50

CANTIDAD RECIBIDA : 1042 g (-envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:



ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
 RESULTADO: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1.- % Kcal proveniente de Grasa	12,4	---	---	---
2.- % Kcal proveniente de Proteínas	19,6	---	---	---
3.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	64,1	---	---	---
4.- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	377,2	---	---	---
5.- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6,25)	18,5	18,51	18,53	18,53
6.- Cenizas (g/100 g de muestra original)	2,3	2,30	2,27	2,28
7.- % Kcal proveniente de Carbohidratos	68,0	---	---	---
8.- Grasa (g/100 g de muestra original)	5,2	5,17	5,22	5,58
9.- Humedad (g/100 g de muestra original)	9,9	9,89	9,86	9,91
10.- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	1439,9	1437,81	1442,10	1439,81
11.- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	7,8	7,80	7,80	7,80
12.- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	221,4	221,66	221,23	221,35

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 5.- NTP 205 005:1979 (Revisada al 2011)
- 6.- NTP 205 004:2017
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- NTP 205.006:2017
- 9.- NTP 205 002:1979 (Revisada al 2016)
- 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
- 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
- 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 001328-2019

Pág. 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Figura 27 — Informe de ensayo N° 001328-2019 de 50 días





**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**



Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 001329 - 2019

SOLICITANTE : MONZON CRUZ CARLOS JUNIOR
DIRECCIÓN LEGAL : AV. PRADO 413 - ABANCAY
 RUC : 45239165 Teléfono : 983639607

PRODUCTO : QUINUA FERMENTADA CON MICELIO DEL HONGO OSTREA EN FASE SÓLIDA

NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : Pleurotus ostreatus Fermentación en base sólida con quinua (chenopodium quinoa Willd)
 DÍAS: 60

CANTIDAD RECIBIDA : 1229,3 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco cerrado.

SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000508-2019
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 29/01/2019
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica



RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
 RESULTADO: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1.- % Kcal proveniente de Grasa	14,4	---	---	---
2.- % Kcal proveniente de Proteínas	15,3	---	---	---
3.- Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	66,1	---	---	---
4.- Energía Total (Kcal/100 g de muestra original)	376,0	---	---	---
5.- Proteína Totales (g/100 g de muestra original)(Factor: 6,25)	14,4	14,43	14,44	14,41
6.- Cenizas (g/100 g de muestra original)	3,0	2,97	2,99	2,99
7.- % Kcal proveniente de Carbohidratos	70,3	---	---	---
8.- Grasa (g/100 g de muestra original)	6,0	6,02	6,00	6,01
9.- Humedad (g/100 g de muestra original)	10,5	10,56	10,50	10,53
10.- Capacidad Antioxidante (U mol Trolox / 100g de muestra)	1465,5	1450,98	1480,12	1465,52
11.- Vitamina C (mg/100 g de muestra original)	8,8	8,82	8,82	8,82
12.- Compuestos Fenólicos o Polifenoles (mg de Acido Gálico / 100g de muestra)	212,5	211,86	213,24	212,45

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 5.- NTP 205.005:1979 (Revisada al 2011)
- 6.- NTP 205.004:2017
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- NTP 205.006:2017
- 9.- NTP 205.002:1979 (Revisada al 2016)
- 10.- ARNAO, CANO & ACOSTA 2001
- 11.- AOAC 967.21 Cap. 45, Pág. 21-22, 20th Edition 2016
- 12.- SWAIN & HILLIS 1959

CONTINUA INFORME DE ENSAYOS N° 001329-2019

Pág. 1/2

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794
 E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total

Figura 28 — Informe de ensayo N° 001329-2019 de 60 días

