



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GRANOS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.) SOMETIDOS A FERMENTACIÓN CON DOS
INÓCULOS DE MICELIO (*Ganoderma lucidum* y *Pleurotus ostreatus*),
ABANCAY - 2023

PRESENTADA POR:

GLADYS MARILU CASTRO PEREZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2024

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GRANOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.) SOMETIDOS A FERM

AUTOR

GLADYS MARILU CASTRO PEREZ

RECUENTO DE PALABRAS

27570 Words

RECUENTO DE CARACTERES

160504 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

126 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 20, 2024 3:39 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 20, 2024 3:41 PM GMT-5

● **15% de similitud general**

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

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


D. Sc. Rosario Edely Ortega Barriga
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP. 101584



Ing. Estadístico e Informático
CIP. 116625

Resumen

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE

TESIS

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GRANOS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa Willd.*) SOMETIDOS A FERMENTACIÓN CON DOS
INÓCULOS DE MICELIO (*Ganoderma lucidum* y *Pleurotus ostreatus*),
ABANCAY-2023



PRESENTADA POR:

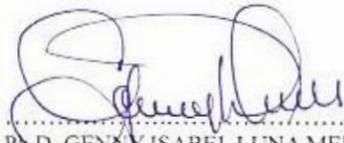
GLADYS MARILU CASTRO PÉREZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

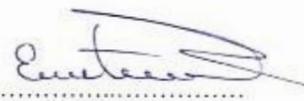
PRESIDENTE


.....
P.D. GENNY ISABEL LUNA MERCADO

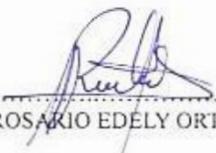
PRIMER MIEMBRO


.....
D.Sc. FÉLIX QUISPE MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Dra. EDITH TELLO PALMA

ASESOR DE TESIS


.....
D.Sc. ROSARIO EDÉLY ORTEGA BARRIGA

Puno, 24 de enero de 2024.

ÁREA: Ciencia de la ingeniería.

TEMA: Composición nutricional y funcional de granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) sometidos a fermentación con dos inóculos de micelio (*Ganoderma lucidum* y *Pleurotus ostreatus*), Abancay-2023

LÍNEA: Recursos Naturales y medio ambiente.



DEDICATORIA

A Dios, por sus sabias palabras que, en momentos difíciles me dio fortaleza, mi texto favorito: “Confía en Jehová con todo tu corazón y no te apoyes en tu propia prudencia, considéralo en todos tus caminos y el hará recta tu camino”. A mi papá Jesús, por su amor y apoyo total en cada etapa de mi desarrollo profesional, a mi mamita Emilia, quien descansa en paz en la gloria del señor, gracias por tu temple, tu fortaleza, madre mía. A Juan Jesús mi hijo, mi motor y mi razón de vivir. A mi esposo Alex Ernesto por su amor y soporte emocional en cada momento de mi vida. Con mucho cariño a Jesús, Raúl, Carlos, mis amados hermanos, ejemplos de perseverancia y fortaleza. A mi hermanita Aurora, quien se encuentra en la gloria de Dios, siempre será el motivo de mis logros.

Gladys Marilu Castro Perez.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por ofrecerme sus laboratorios para el desarrollo experimental de esta investigación.

A la Escuela de Posgrado de la UNA Puno, a los docentes, personal administrativo del Programa Doctoral en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

A la Dra. Rosario Edely Ortega Barriga, asesora de la tesis, por sus recomendaciones, aportes y sugerencias en la ejecución de la investigación.

A los miembros de mi jurado de tesis: Dra. Genny Isabel Luna, al Dr. Félix Quispe, a la Dra. Edith Tello Palma, por las recomendaciones y sugerencias al informe final de la investigación.

A la ingeniería Shierly Medina Pérez, por amistad y disposición en el proceso experimental.

A Josué Sanabria, destacado estudiante de Ingeniería Agroindustrial por su constancia y disposición en el Laboratorio de Microbiología.

Al Ingeniero Justo Arias Motta, por el procesamiento y análisis de las muestras.

Gladys Marilu Castro Perez.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	5
1.1.1	Metabolismos de los Basidiomicetos	5
1.1.2	Características nutricionales y funcionales de <i>Ganoderma lucidum</i>	6
1.1.3	Características nutricionales y funcionales del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
1.1.4	Uso de la Fermentación en Fase Sólida	10
1.1.5	Compuestos fenólicos y actividad antioxidante	11
1.1.6	Características de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	12
1.1.7	Taxonomía de la quinua	13
1.1.8	Variedades de quinua en Perú	14
1.1.9	Propiedades nutricionales y funcionales de la quinua	15
1.2	Antecedentes	17
1.2.1	Internacionales	17
1.2.2	Nacionales	24

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	26
2.2	Enunciados del problema	27
2.2.1	Problema general	27
2.2.2	Problemas específicos	27



2.3	Justificación	27
2.4	Objetivos	29
2.4.1	Objetivo general	29
2.4.2	Objetivos específicos	29
2.5	Hipótesis	29
2.5.1	Hipótesis general	29
2.5.2	Hipótesis específicas	29

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de estudio	31
3.2	Población	32
3.3	Muestra	32
3.4	Método de investigación	32
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	32
3.5.1	Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos	32
3.5.2	Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos, insumos y otros	33
3.5.3	Aislamiento y producción del micelio <i>Pleurotus ostreatus</i>	35
3.5.4	Aislamiento y producción del micelio <i>Ganoderma lucidum</i>	36
3.5.5	Preparación y acondicionamiento de semillas de quinua	36
3.5.6	Inoculación de los micelios e incubación de las semillas	37
3.5.7	Métodos analíticos	37
3.5.8	Ensayo para determinación de proteínas:	38
3.5.9	Determinación de carbohidratos:	38
3.5.10	Determinación de grasa total:	39
3.5.11	Determinación del contenido de cenizas:	39
3.5.12	Determinación de humedad:	39
3.5.13	Determinación de polifenoles totales:	39
3.5.14	Actividad antioxidante mediante método DPPH:	40
3.5.15	Aplicación de la prueba estadística inferencial	40

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	41
-----	------------	----



4.1.1	Composición proximal de tres variedades de quinua fermentadas con <i>P. ostreatus</i>	41
4.1.2	Resultados de polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua con <i>P. ostreatus</i> .	45
4.1.3	Composición proximal de tres variedades de quinua fermentadas con <i>Ganoderma lucidum</i>	48
4.1.4	Polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentadas con micelio <i>G. lucidum</i>	52
4.2	Discusión	54
	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	68
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Contenido proximal de tres variedades de quinua testigo y fermentadas con <i>P. ostreatus</i>	41
2. Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentadas con <i>P. ostreatus</i>	45
3. Contenido proximal de tres variedades de quinua testigo y fermentadas con <i>G. lucidum</i>	48
4. Polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentadas con <i>G. lucidum</i>	52
5. Análisis de Varianza del contenido de proteínas en 03 variedades de quinua con <i>P. ostreatus</i> (g/100g)	88
6. Análisis de Varianza del contenido de carbohidratos en 03 variedades de quinua con <i>P. ostreatus</i> (g/100g)	88
7. Análisis de Varianza del contenido de grasa en 03 variedades de quinua con <i>P. ostreatus</i> (g/100g)	89
8. Análisis de Varianza del contenido de cenizas en 03 variedades de quinua con <i>P. ostreatus</i> (g/100g).	89
9. Análisis de varianza del contenido de polifenoles totales con <i>P. ostreatus</i> en 03 variedades de quinua con (mg EAG/100g).	90
10. Análisis de varianza de la capacidad antioxidante con <i>P. ostreatus</i> en 03 variedades de quinua con (mg Equi.Trolox/100g base seca).	90
11. Análisis de Varianza del contenido de proteínas en 03 variedades de quinua con <i>G. lucidum</i> (g/100g base seca).	91
12. Análisis de Varianza del contenido de carbohidratos en 03 variedades de quinua con <i>G. lucidum</i> (g/100g bs).	91
13. Análisis de Varianza del contenido de grasas en 03 variedades de quinua con <i>G. lucidum</i> (g/100g).	92
14. Análisis de Varianza del contenido de cenizas en 03 variedades de quinua con <i>G. lucidum</i> (g/100g).	92
15. Análisis de varianza de polifenoles totales en 03 variedades de quinua con <i>G. lucidum</i> (g/100g).	93



16. Análisis de varianza de capacidad antioxidante en 03 variedades de quinua con *G. lucidum* (g/100g). 93

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Basidiocarpo o cuerpo fructífero del hongo reishi (<i>Ganoderma lucidum</i>)	8
2. Micelio de <i>Ganoderma lucidum</i> en Agar Papa Dextrosa	8
3. Cuerpo fructífero <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado en tallos de trigo	9
4. Fase vegetativa (micelio) de <i>Pleurotus ostreatus</i> en Agar Papa Dextrosa (PDA	10
5. Sede central, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac	31
6. Contenido de proteínas en tres variedades de quinua fermentada con <i>P. ostreatus</i>	42
7. Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua fermentada con <i>P. ostreatus</i>	43
8. Contenido de grasa en tres variedades de quinua fermentada con <i>P. ostreatus</i>	44
9. Contenido de cenizas en tres variedades de quinua fermentada con <i>P. ostreatus</i>	44
10. Polifenoles totales en tres variedades de quinua fermentada con <i>P. ostreatus</i>	47
11. Capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentada con <i>P. ostreatus</i>	47
12. Contenido de proteínas en tres variedades de quinua fermentada con <i>G. lucidum</i>	48
13. Contenido de carbohidratos en tres variedades quinua fermentada con <i>G. lucidum</i>	49
14. Contenido de grasa en tres variedades quinua fermentada con <i>G. lucidum</i>	50
15. Contenido de ceniza en tres variedades de quinua fermentada con <i>G. lucidum</i>	51
16. Contenido de polifenoles totales de tres variedades de quinua fermentada con <i>G. lucidum</i>	53
17. Capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentada con <i>G. lucidum</i>	54
18. Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en Agar Papa Dextrosa	94
19. Micelio del hongo <i>Ganoderma lucidum</i> en Agar Papa Dextrosa	94
20. Cepario de <i>P. ostreatus</i> , <i>G. lucidum</i> y <i>Lentinula edodes</i>	95
21. Producción de bioinoculantes: Micelio de <i>P. ostreatus</i> y <i>G. lucidum</i>	95
22. Limpieza e hidratado de quinua Negra Collana, Roja Pasankalla y Amarilla Sacaca	96
23. Escurrido y oreado de semillas de tres variedades de quinua	96
24. Semillas de tres variedades de quinua acondicionadas en frascos de vidrio	97



25.	Tratamiento térmico por calor húmedo 121 °C/20 minutos de semillas de quinua	97
26.	Fermentación de tres variedades de quinua con <i>P. ostreatus</i> y <i>G. lucidum</i> (3 días)	97
27.	Fermentación de semillas de quinua con <i>P. ostreatus</i> y <i>G. lucidum</i> (8 días)	98
28.	Semillas de color en etapa de fermentación con micelio de hongos (6 días de incubación)	99
29.	Fermentación en estado sólido de quinua de quinua amarilla sacasa con <i>P. ostreatus</i> y <i>G. lucidum</i> (10 días)	99
30.	Fermentación en estado sólido de tres variedades de quinua (20 días de incubación)	100
31.	Fermentación en estado sólido de quinua, con <i>P. ostreatus</i> y <i>G. lucidum</i> , 30 días de incubación	100
32.	Cosecha de quinua amarilla fermentada con <i>P. ostreatus</i>	101
33.	Micelio de <i>G. lucidum</i> impregnado en semillas de quinua amarilla	101
34.	Muestras secas de quinua roja fermentada durante 20 días con <i>P. ostreatus</i>	102
35.	Muestra secas de quinua negra fermentada durante 20 días con <i>P. ostreatus</i>	102
36.	Muestras secas de quinua amarilla fermentada por 30 días con <i>P. ostreatus</i>	103
37.	Muestras secas de quinua roja fermentada por 30 días con <i>P. ostreatus</i>	103
38.	Muestras secas de quinua amarilla fermentada por 30 días con <i>G. lucidum</i>	104
39.	Quinua roja fermentada por 30 días con <i>G. lucidum</i>	104
40.	Molienda de las muestras en molino de cuchillas Retsch GM 200	105
41.	Determinación de humedad en estufa de circulación de aire forzado a 100°C	105
42.	Calcinado de muestras fermentadas en mufla Thermo Concept a 600 °C/6 horas	106
43.	Muestra de cenizas en tres variedades de quinua fermentada con micelio de hongos	106
44.	Determinación de grasa en equipo extractor de grasa DET - GRAS N P SELECTA	107
45.	Contenido de grasa en muestras de quinua fermentadas	107
46.	Proceso de digestión de las muestras para determinación de proteínas mediante el Digestor Kjeldall LABCONCO)	108



47.	Digestión de muestras para determinación de proteínas, equipo Digestor Kjeldall LABCONCO	108
48.	Proceso de destilación de muestras para determinación de proteínas, equipo destilador Kjeldall LABCONCO	109
49.	Titulación de muestras con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.02N, determinación de proteínas	109
50.	Maceración de muestras fermentadas con metanol al 80% por 24h	110
51.	Separación de sobrenadantes para determinación de polifenoles totales y capacidad antioxidante	110
52.	Centrifugado de las muestras maceradas a 5000 rpm/30min	111
53.	Determinación de polifenoles totales por el método Folin Ciocalteu	111
54.	Determinación de polifenoles totales por el método Folin Ciocalteu	112
55.	Lectura de la absorbancia a 715 nm en espectrofotómetro UV Thermo	112



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	87
2. Datos estadísticos	88
3. Panel fotográfico	94

RESUMEN

La fermentación en estado sólido, permite transformar sustratos en productos con cualidades nutricionales y funcionales, mejorando la biodisponibilidad y digestibilidad de nutrientes. Se determinó el contenido nutricional y funcional de tres variedades de granos de quinua Negra Collana (QNC), Pasankalla Roja (QRP) y Amarilla Sacaca (QAS) como efecto de la fermentación con *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* durante tres tiempos de incubación. Las proteínas en la QAS a los 30 días de fermentación con *P. ostreatus* y *G. lucidum* se incrementó significativamente ($P < 0.05$) en 35.41% y 26.89% respectivamente; la QRP con *G. lucidum* y *P. ostreatus* incrementó en 19.26% y 18.65%, respecto a testigos. Los carbohidratos en las tres variedades de quinua disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) al día 30, destacando la QAS con una disminución significativa de 67.17g/100g a 61.45g/100) al día 30 con *P. ostreatus*. El contenido de grasas en la QAS, QRP y QNC testigo fueron los más altos (5.91, 4.93 y 5.51g/100g), con ligera reducción a los 30 días de incubación. Los polifenoles totales (mg EAG/100g) destacó en la QRP (173.09), QNC (130.54) y QAS (119.35) fermentada con *G. lucidum* al día 30. La capacidad antioxidante (mg Equi/Trolox/100g), resultó también mejor en QRP (72.34), QNC (55.09) y QAS (52.36) con *G. lucidum* a los 30 días. Esta investigación demostró que, *P. ostreatus* y *G. lucidum* tiene un buen potencial como fuente de proteínas y demostraron ser una excelente fuente de polifenoles totales y alta capacidad antioxidante.

Palabras clave: Basidiomicetos, capacidad antioxidante, componentes nutricionales, fermentación, *Chenopodium quinoa*.

ABSTRACT

Solid-state fermentation allows the transformation of substrates into products with nutritional and functional qualities, improving the bioavailability and digestibility of nutrients. The nutritional and functional content of quinoa seeds Negra Collana (QNC), Pasankalla Roja (QRP) and Amarilla Sacaca (QAS) was determined as an effect of fermentation with *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* during three incubation times. The three colored seeds were tested for solid-phase fermentation with mycelium of each fungal species for 10, 20 and 30 days at 25°C. The results showed that, protein increased significantly ($P<0.05$) in QAS with *P. ostreatus* and *G. lucidum* 35.41% and 26.89% respectively; QRP with *G. lucidum* and *P. ostreatus* increased by 19.26% and 18.65%, with compared to the controls. Carbohydrates in the three quinoa varieties decreased significantly (67.17g/100g to 61.45g/100) with *P. ostreatus* at 30 days. Fats in QAS, QRP and QNC control were the highest (5.91, 4.93 and 5.51g/100g), with slight reduction at 30 days after incubation. Total polyphenols (mg EAG/100g) stood out in QRP (173.09), QNC (130.54) and QAS (119.35) as well as antioxidant capacity (mg Equi/Trolox/100g), in QRP (72.34), QNC (55.09) and QAS (52.36) with *G. lucidum*. This research showed that *P. ostreatus* and *G. lucidum* have good potential as a source of protein and demonstrated to be an excellent source of total polyphenols and high antioxidant capacity, respectively.

Keywords: Antioxidant capacity, basidiomycetes, *Chenopodium quinoa*, fermentation, nutritional components.

INTRODUCCIÓN

La fermentación ha cobrado mucha trascendencia en la bioconversión de materiales vegetales, puntualmente la fermentación en estado sólido (FES), presenta ventajas sobre la fermentación sumergida, debido a su mayor productividad, menor gasto de energía y agua, de fácil aireación y amplio rango de temperatura de incubación (Sánchez et al., 2023). *Pleurotus* comprende un grupo de hongos lignolíticos comestibles con propiedades medicinales y de importantes aplicaciones biotecnológicas y ambientales (Cohen et al., 2012). *Ganoderma lucidum* sintetiza compuestos como, polisacáridos, triterpenoides, proteínas, enzimas, esteroides, esteroles, biológicamente activos, los cuales se caracterizan por sus propiedades en el control de diversas enfermedades (Ahmad, 2018; Baby et al., 2015). La fermentación, es una tecnología que permite la degradación de las estructuras lignocelulósicas de las paredes celulares vegetales, con la liberación y síntesis de una diversidad de compuestos antioxidantes (Hur et al., 2014). Este proceso permite la degradación estructural de las semillas y degradación de las paredes celulares, lo que conlleva a la síntesis de compuestos bioactivos (Katina et al., 2007) participan enzimas fúngicas como las amilasas, xilanasas y proteasa maquinaria necesaria durante el metabolismo (Lin y Chou, 2009). Los carbohidratos le sirven al hongo como sustrato para el desarrollo del micelio y a la vez para la síntesis de otros metabolitos como las proteínas, péptidos y aminoácidos libres (Asensio-Grau et al., 2020). Según (INEI, 2014), la población rural en la Región de Apurímac está representando por el 36% de la población total (404, 188 habitantes), siendo uno de los indicadores sociales más críticos, la desnutrición crónica infantil con 22.3%. Los niños son los principales grupos que enfrentan esta crisis alimentaria con consecuencias en el retraso de su desarrollo físico y cognitivo y hasta ahora son los programas nacionales que han contribuido en la reducción de estas cifras, por los cuales la universidad debe proponer planes y proyectos encaminados a resolver los diferentes problemas que frenan el desarrollo de esta región. Los resultados demostraron que, *P. ostreatus* y *G. lucidum*, tiene un buen potencial como fuente de proteínas y demostraron ser una excelente fuente de polifenoles totales y alta capacidad antioxidante. Por lo que, la combinación de las semillas de color con micelio de los hongos, pueden contribuir a solucionar el problema de desnutrición y mejorar la salud de las personas principalmente niños y mujeres de alto riesgo de las comunidades de extrema pobreza de la Región de Apurímac.



En el primer capítulo se describe las características de la fermentación en estado sólido, el metabolismo la revisión bibliográfica, considerando las variables de los temas abordados, así como sus alcances y limitaciones. En capítulo II se detalla el planteamiento del problema, de acuerdo a los objetivos y las hipótesis. En capítulo III, se aborda el lugar de estudio, se describe la población, la muestra, la metodología de las diferentes etapas de ensayos, tomando en consideración los objetivos, las variables dependientes e independientes. El capítulo IV, explica los resultados y discusiones de la investigación, sustentando mediante tablas y figuras y cuadros estadísticos. Para el procesamiento de datos se usó el software R versión 4.1.3. Finalmente, las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y anexos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Metabolismos de los Basidiomicetos

Los hongos de la pudrición blanca tienen un potencial en el pretratamiento biológico, por su capacidad de degradar la lignina y los componentes principales de la lignocelulosa. Se cree que tres enzimas principales están involucradas en la biodegradación de la lignocelulosa como la peroxidasa de lignina (LiP), la peroxidasa de manganeso (MnP) y la lacasa (Nigam et al., 2009). Alguna especie de los Basidiomicetos conocidos también como hongos de la pudrición blanca han recibido mucha atención en los últimos años por sus valiosos sistemas enzimáticos que degradan eficazmente las biomásas lignocelulósicas, debido a sus enzimas oxidativas e hidrolíticas extracelulares que degradan los desechos agrícolas y forestales muy abundantes que requieren su hidrólisis en azúcares simples para la producción de biocombustibles (Manavalan et al., 2015). Algunas especies son fuentes importante de proteínas, minerales y vitaminas B, C y D (Panjikaran y Mathew, 2013). Caracterizados por sus constituyentes bioactivos, como los antioxidantes fenólicos, esteroides, terpenos y polisacáridos con actividades funcionales (Shang et al., 2016). Los hongos de la pudrición blanca, se caracterizan por producir un micelio blanco y generalmente se cultivan sobre sustratos lignocelulósicos no compostados (Savoie et al., 2007). Las especies de *Pleurotus* requieren un tiempo de desarrollo corto, en comparación con otras especies. Crecen a amplia temperatura y amplia variedad de sustratos (Yang et al., 2013).

La producción de metabolitos como aminoácidos, antibióticos, vitaminas, enzimas y otros productos químicos, utilizando microorganismos es una próspera alternativa en la biotecnología. El empleo de biomasa de desechos agroindustriales con aplicaciones biotecnológicas para producir compuestos valiosos y beneficioso, ya que este material no compite con el suministro mundial de alimentos (Bilal et al., 2017). Una alternativa en la producción de proteína fúngica es el aprovechamiento de residuos agroindustriales como materia prima

empleando hongos mediante cultivo en estado sólido. Considerándose una fuente alternativa de proteína animal, debido a que la fermentación permite el enriquecimiento nutricional de los residuos lignocelulósicos (Silva et al., 2016; Cooray y Chen, 2018; Moreira y Badiale, 2007). Además de la calidad proteica y su digestibilidad son importantes para algunas especies de hongos. La calidad de las proteínas está ligada a la presencia de aminoácidos esenciales, indispensables valina, fenilalanina, treonina, triptófano, metionina, leucina, isoleucina, lisina e histidina (Baars, 2017).

Las condiciones de crecimiento del hongo, como el tipo de sustrato, las condiciones de temperatura, el pH, la fuente de carbono y nitrógeno, el contenido de cloruro de sodio y el tiempo de cultivo son esenciales para el tipo y la cantidad de metabolitos sintetizados por los hongos (Osinska et al., 2015). Estas enzimas incluyen enzimas lignolíticas (lacasa, manganeso peroxidasa, lignina peroxidasa y peroxidasa versátil) y enzimas celulolíticas (endoglucanasa, celobiohidrolasa y betaglucosidasa) (Tamilvendan et al., 2012).

1.1.2 Características nutricionales y funcionales de *Ganoderma lucidum*

Ganoderma lucidum, conocido comúnmente como hongo reishi o Ling-zhi en la China y países de Asia, es un hongo ampliamente conocido por su capacidad de producción de sustancias biológicamente, entre ellos se han identificado polisacáridos (como β -glucano y manitol), péptidos, polifenoles, triterpenos, (ácido ganodérico) proteínas esteroideas, nucleótidos, incrementado las respuestas inmunitarias, actuando como antitumorales, antioxidante, antifúngicas, antibacteriana, hepatoprotectores, hipoglicémicos, este hongo induce la pudrición blanca de la madera y habita en zonas tropicales y subtropicales (Lu et al., 2020; Sharma et al., 2019).

Las especies del género *Ganoderma*, conocidos como hongos de la madera pertenecen al Reino Fungi (Baby et al., 2015). Sintetiza una diversidad de compuestos biológicamente activos entre ellos los polisacáridos, triterpenoides, proteínas, enzimas, esteroideas, esteroides, nucleótidos, ácidos grasos, vitaminas y minerales, con aplicaciones terapéuticas para el control y prevención de muchas enfermedades. *G. lucidum* es la especie ampliamente estudiada por sus metabolitos secundarios y actividades biológicas (Ahmad, 2018; Baby et al.,

2015). Los triterpenos, los esteroides y los polisacáridos, proteínas, péptidos, ácidos grasos, alcaloidea son constituyentes biológicamente importantes en esta especie (Canjun et al., 2007). Las propiedades beneficiosas para la salud de *G. lucidum* como efecto de su amplia variedad de componentes bioactivos principalmente los compuestos fenólicos, polisacáridos, triterpenos y proteínas. (Kozarski et al., 2011). Su actividad eliminadora de radicales parece estar relacionada con un incremento en las actividades enzimáticas del superóxido dismutasa (SOD), que cataliza la reacción de dismutación del anión superóxido, la catalasa (CAT) que escinde el peróxido de hidrógeno y glutatión peroxidasa, que mantiene los niveles de glutatión reducido (Heleno et al., 2012). Los dos componentes bioactivos más importantes de *G. lucidum* se agrupan en triterpenos y polisacáridos.

Las especies reactivas de oxígeno y los radicales libres se generan continuamente a través de los diversos procesos fisiológicos en el hombre, aun mas en procesos patológicos (Mathew y Abraham, 2006). Estos compuestos están asociados con daños en las membranas celulares, envejecimiento, enfermedades cardíacas y cáncer y algunos trastornos degenerativos (Floyd, 1999). Las moléculas altamente reactivas e inestables (radicales libres) y los ROS (Especies reactivas de oxígeno) provocan el estrés oxidativo y dañan las proteínas y el ADN dentro de las células y otros trastornos fisiológicos, incluido el cáncer (Kao et al., 2013). La farmacología moderna ha demostrado que *G. lucidum* tiene efectos antitumorales (Kao et al., 2016) antiinflamatorios (Liu et al., 2018) y antioxidantes (Sarnthima et al., 2017).

Figura 1

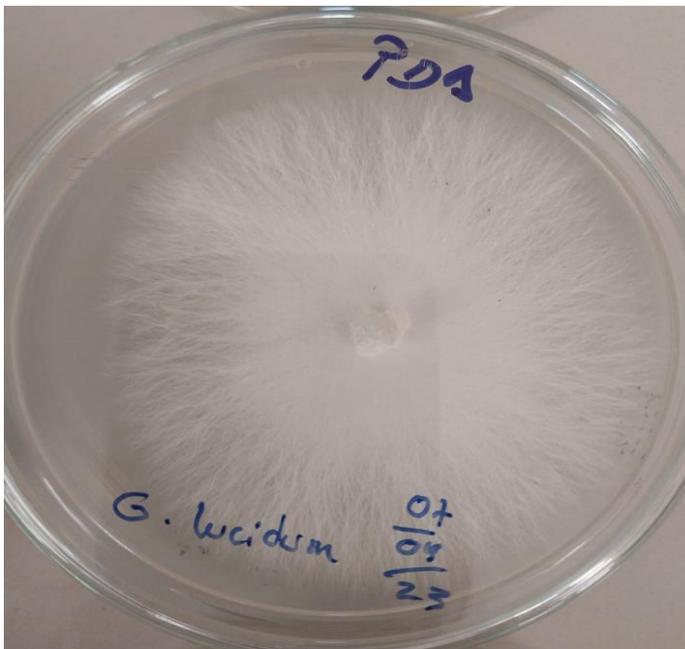
Basidiocarpo o cuerpo fructífero del hongo reishi (Ganoderma lucidum)



Nota. Laboratorio Microbiología, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2023.

Figura 2

Micelio de Ganoderma lucidum en Agar Papa Dextrosa



Nota. Laboratorio Microbiología, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2023.

1.1.3 Características nutricionales y funcionales del hongo *Pleurotus ostreatus*

Existen complejos enzimáticos en cepas de hongos del género *Pleurotus*, como la celulasa, celobiosa, hemicelulasa, ligninasa, lacasa (Platt et al., 1984; Tsang et al., 1987). El género *Pleurotus* comprende un grupo de hongos lignolíticos comestibles con propiedades medicinales y de importantes aplicaciones biotecnológicas y ambientales. Uno de los aspectos más importantes de *Pleurotus spp.*, está relacionado con su capacidad de degradación del material lignocelulósico como la bioconversión de desechos agrícolas en productos valiosos para alimentación animal (Cohen y Hadar, 2002). Se ha informado que crecen en la mayoría de las maderas duras, subproductos de la madera como aserrín, papel, lodos de pulpa, todas las pajitas de cereales y mazorcas de maíz, residuos de café como posos de café, cáscaras, cáscara de coco, cáscara de maní, cáscaras de girasol y otros (Baars, 2017).

Figura 3

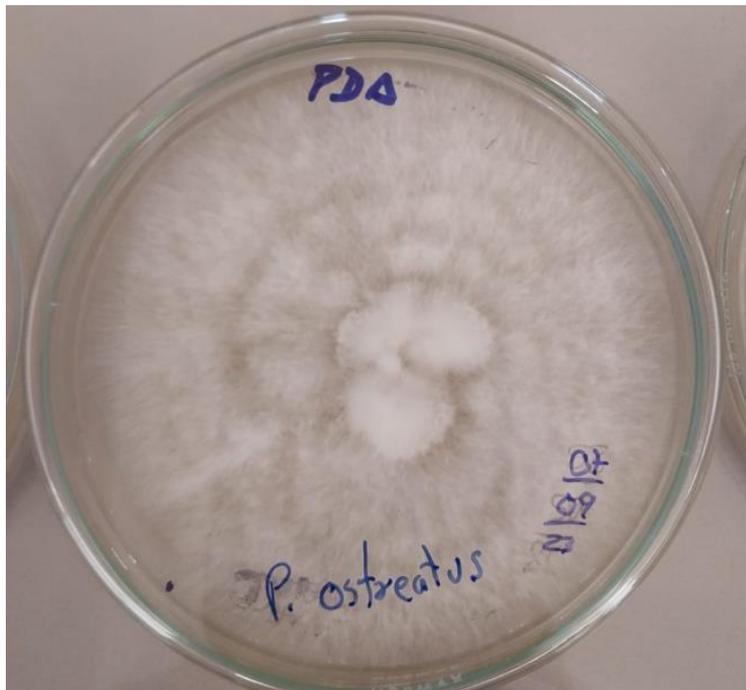
Cuerpo fructífero Pleurotus ostreatus cultivado en tallos de trigo



Nota. Laboratorio Microbiología, Universidad Nacional Micaela Batidas de Apurímac, 2023.

Figura 4

Fase vegetativa (micelio) de Pleurotus ostreatus en Agar Papa Dextrosa



Nota. Laboratorio Microbiología Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2023.

1.1.4 Uso de la Fermentación en Fase Sólida

La fermentación en estado sólido (FES) es un proceso que implica el empleo de microorganismo en sustratos con baja humedad, libre de agua que fluya libremente, los residuos más usados en esta tecnología han ganado actualmente importante atención, por sus diversas ventajas sobre la fermentación sumergida. Actualmente la FES se emplea en la producción de alimentos enriquecidos con proteínas a partir de materiales amiláceos, así como la producción de proteínas unicelulares (PU) a partir de una gran diversidad de desechos como etanol de raíces de mandioca y remolacha, producción de enzimas, proteínas y otros. Un lado negativo de la SSF es más lento que la fermentación líquida (Raghavarao et al., 2003). El proceso de fermentación en estado sólido (FES) se ha considerado preferible a la fermentación sumergida para el pretratamiento. Permite mayores cargas de materia prima, favorece la unión de enzimas fúngicas al sustrato, así como la difusión de oxígeno. Los costos son más bajos que con el cultivo líquido porque FES requiere menos aireación, calentamiento, mezcla y agua (Tian et al., 2012). Los procesos de fermentación de cualquier material que contenga azúcar

podrían derivar en etanol, la fermentación es un proceso que permite la degradación y/o biotransformación de sustratos complejos en componentes simples y productos modificados como (Chouhan et al., 2019).

Para la degradación de celulosa, los hongos emplean un conjunto de enzimas hidrolíticas como las endoglucanasa, celobiohidrolasa y b-glucosidasa. Para la degradación completa de la lignocelulosa, los hongos de la pudrición blanca secretan potencialmente un conjunto de enzimas como las peroxidasa ligninolíticas (lignina peroxidasa) y manganeso peroxidasa (MnPs), fenol oxidasa, contienen Cu (lacasas) como cofactores enzimáticos (Nigam et al., 2009; Hofrichter et al., 2010). Durante la tecnología del cultivo de hongos, se pueden transformar grandes cantidades de materiales de desecho lignocelulósicos en una diversidad de productos (alimentos, piensos y fertilizantes comestibles o medicinales), permitiendo proteger el medio ambiente. Se espera que esta tecnología continúe prosperando y expandiéndose en el futuro, debido a que más del 70 % de los materiales agrícolas y forestales son desechados, como los residuos de la agroindustria o incluso en el período de consumo (Pandey et al., 2008). Las ligninas son extremadamente resistentes a la degradación química y enzimática; La degradación biológica la logran principalmente los hongos, más eficientemente los basidiomicetos de pudrición blanca, pero también ciertos actinomicetos (Lee, 1997).

1.1.5 Compuestos fenólicos y actividad antioxidante

La tendencia por la alimentación nutritiva y estilos de vida más saludables ha llevado a la comunidad científica a prestar gran atención a los compuestos antioxidantes, los cuales actúan como defensas frente a los radicales libres. Siendo el estrés oxidativo responsable de una diversidad de enfermedades degenerativas, como los tumores y el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, estados inflamatorios (Hallfrisch et al., 2003; Behall et al., 2004) por lo que es importante prevenirla, optando alimentos ricos en antioxidantes (Lobo et al., 2010). Las reacciones de oxidación por la presencia de radicales libres conducen a la alteración y daño de las moléculas biológica y por ende alterando su funciones, como la peroxidación de la membranas celulares

generan muerte celular, las diversas enfermedades degenerativas como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Limón y Gonsebatt, 2009).

Los polifenoles son metabolitos bioactivos, presentes principalmente en productos de origen vegetal, los principales tipos de polifenoles son los ácidos fenólicos, flavonoides y los taninos, todos con propiedades antioxidantes (Repo et al., 2010). Los compuestos fenólicos derivan de varios precursores como el piruvato, acetato y de algunos aminoácidos (fenilalanina y tirosina), también se forman del malonil CoA, acetyl CoA, a través de la vía metabólica pentosas fosfato y vía fenilpropanoide (Robards et al., 1999; Randhir et al., 2004). Los polifenoles tienen en su estructura un grupo de ácido carboxílico se dividen principalmente en dos: El ácido hidroxibenzoico (ácidos gálicos, p-hidroxibenzoico, siríngico y vanílico) y ácidos hidroxicinámicos (caféico, ácido ferúlico, p-cumárico y sinápico). Participan en la defensas del cuerpo, y nos previenen de enfermedades degenerativas, bloqueando el estrés oxidativo y reducción del daño celular frente a las especies reactivas de oxígeno o radicales libres (Olukomaiya et al., 2020). En los sistemas vivos, los antioxidantes cumplen funciones protectoras frente a los radicales libres a través de su reacción. Bloquean y eliminan los radicales libres, inhibiendo la formación del oxígeno singlete y agentes reductores (Verma et al., 2008; Sevgi et al., 2015).

Durante el proceso de fermentación, los microorganismos provocan la ruptura estructural de la pared celular lo que conduce a la formación de varios compuestos bioactivos. Las proteasas, amilasas, xilanasas derivadas de microorganismos fermentadores y el grano de cereal contribuyen a la modificación del grano y rompiendo los enlaces químicos como consecuencia se liberan los fenoles (Wang et al., 2019).

1.1.6 Características de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Las semillas de quinua es de origen andino, con más de 250 especies, de los cuales pocas variedades se utilizan para la alimentación del hombre (Piñuel et al., 2019). Es un grano originario de Sud América, considerado un alimento saludable, las hojas verdes, así como los brotes son consumidos por sus propiedades nutritivas, antioxidantes, anti obesidad preventivas del cáncer y cardio benéficas (Pathan y Siddiqui, 2022).

La semilla de la quinua presenta tres partes, (desde la parte central a externa) un perispermo constituido principalmente por almidón y representa hasta entre 40 a 60% del peso total de la semilla, un embrión (conformado por la radícula y dos cotiledones) y un endospermo con una o dos capas de células (Prego et al., 1998). El fruto de la quinua es considerado un aquenio indehisciente, la forma puede variar desde esférica, cónica o elipsoide, si diámetro puede variar de 1,0 a 2,6mm (Koziol, 1992). Una capa fina externa denominado pericarpio, que rodea al aquenio, de aspecto áspero y quebradizo que se quita muy fácilmente al frotar, seguida del pericarpio, en esta se encuentra la saponina, un alcaloide que le da sabor amargo y varía según la especie de quinua, (MINAGRI, 2013; Jacobsen y Stølen, 1993). El color del fruto puede ser verde amarillo, púrpura, negro o rojo, y este está dado por el perigonio En esta parte se encuentra la saponina, razón por la cual puede ser eliminada con cierta facilidad (Tapia, 1979). El contenido de proteico de los granos es relativamente superior a otros cereales, asimismo contiene, vitaminas, minerales, fibra, gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y principalmente carbohidratos (Angeli et al., 2020).

1.1.7 Taxonomía de la quinua

Pertenece a la clase Dicotyledonea, familia Chenopodiaceae (Jacobsen y Stølen, 1993). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) son miembros de la subsección Cellulata. El género *Chenopodium* contiene más de 120 especies en 16 secciones (Aellen y Just, 1943). Esta especie fue descrita por primera vez por Willdenow en el año 1778, como una especie originaria de América del Sur, según Buskasov, en los Andes de Bolivia y Perú.

Aellen y Just, (1943), planteó las siguientes categorías taxonómicas para la quinua:

Reino: Plantae

División: Fanerógamas

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Magnoliidae

Orden: Cariofilales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium
quinoa* Willd.

Nombre común: quinua, quinoa, quingua, triguillo, quinoa.

1.1.8 Variedades de quinua en Perú

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), mediante el Programa de Nacional de Innovación Agraria en Cultivos Andinos, desarrollaron variedades mejoradas de quinua como: Salcedo INIA, Illpa INIA, INIA 415- Pasankalla Roja, INIA 420-Negra Collana, INIA 427-Amarilla Sacaca, la Blanca de Junín, Amarilla Maranganí Blanca de Juli, Kankolla, Rosada de Junín, Ayacuchana INIA, Mantaro, Cheweca y Rosada Taraco, mediante diversas investigaciones muchas variedades fueron generadas por universidades como la UNSAAC, UNALM, UNA Puno y UNCP. La mayoría de las variedades mencionadas son producidas por los agricultores por demanda en el mercado local, nacional e internacional (MINAGRI- INIA, 2013).

El germoplasma de la quinua se estima en unas 16 422 accesiones en el mundo, en 59 instituciones como universidades, bancos de genes, instituciones de investigación y otros en 30 países del mundo. Las colecciones más grandes de quinua corresponden a Perú y Bolivia, con más de 6 000 accesiones (Rojas et al., 2015). El cultivo de la quina en el Perú es importante, las áreas cultivadas ascendieron a 38 493 has cultivadas, con un total de producción de 44 207 Tm, pese a esto, es insuficiente debido a la alta demanda nacional y mundial. En la región Puno en el año 2008 se liberó el cultivo de la variedad INIA 420-Negra Collana, adaptándose a una altitud entre 3800 a 3900 msnm, a un clima seco, temperatura media entre 4 a 15°C, esta variedad se adapta de manera eficiente también en los valles interandinos y costa peruana; las características nutricionales de esta variedad destaca por su contenido proteico en 17.62%, la fibra 2.10%, cenizas 2.13% grasa 5.94% y energía 368.61 (Kcal/100g). La variedad INIA 415-Pasancalla, fue liberada de la Región Puno en año 2006; ésta variedad se adaptada al clima seco entre 3800 a 3900 msnm, temperatura entre 4 a 15°C, también se adapta a costa entre los 640 y 1314 msnm, esta variedad contiene un 17.83% de proteínas, la fibra con 3.00%, cenizas 2.83%, grasa 6.29% y energía 364.68 (Kcal/100g) (MINAGRI, 2013). La variedad Blanca de Junín, es una especie de

diferentes pisos ecológicos principalmente en los valles interandinos hasta una altitud de 3500 msnm. Las betalainas, un fitoquímico soluble en agua, considerado como un antioxidante natural y pigmento responsable de las tonalidades rojas, negras o amarillas (Tang et al., 2015).

1.1.9 Propiedades nutricionales y funcionales de la quinua

La quinua es una importante fuente de proteína vegetal, contiene aminoácidos esenciales y polifenoles; siendo superior a los cereales, que por lo general tienen un limitado contenido de lisina (Scanlin y Lewis, 2017). La composición puede variar significativamente entre los diferentes genotipos. Con un extraordinario perfil nutricional de proteínas entre 10 a 18%; almidón entre 32 a 60%, grasas de 4.4% a 8.8%, las cenizas constituyen entre 2.4% a 3.7% (destacando el potasio y fósforo) (Romano et al., 2020). Las semillas tienen un alto valor nutricional por su contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, polifenoles y fibra (Vilcacundo y Hernández, 2017; Pellegrini et al., 2018; Vega et al., 2010; Jaikishun et al., 2019). Siendo el embrión y el endospermo fuentes ricas en proteínas, lípidos y minerales, además la quinua contiene una considerable cantidad de polifenoles (Prego et al., 1998; Tang et al., 2015). La principal diferencia entre las semillas de quinua de color está relacionada con las betalainas con importantes actividades antioxidantes, más que, el contenido de compuesto fenólicos (Ballester et al., 2019). Las semillas de quinua están conformadas por proteínas solubles como las albúminas y las globulinas. A pesar de sus características nutricionales de la quinua, la presencia de factores anti nutricionales, como la saponina, el ácido fítico, los taninos, los nitratos, oxalatos y los inhibidores de tripsina. El ácido fítico se une a cationes como el hierro, zinc, calcio y proteínas formando complejos de fitatos estables (Schlemmer et al., 2009).

Repo et al. (2003) indica que las semillas de quinua contienen carbohidratos que van entre 42% reportado para la variedad roja hasta 83% encontradas en algunas accesiones cultivadas en Perú. El contenido de cenizas de las semillas de quinua, fluctúa entre el 2.4 y el 4.8% (Angeli et al., 2020). Según Koziol (1992) la ceniza contiene un perfil diverso de minerales que incluye un alto contenido de calcio (148.7 mg/100g), magnesio (249.6 mg/100g), fósforo

(383.7 mg/100g), hierro (13.2mg/100g), potasio (926.7mg/100g) y zinc (4.4mg/100g).

Asimismo, Vilcacundo y Hernández (2017) mencionan que contenido de proteínas (expresado en g/100g bs) en la quinua oscila entre 13.1% y 16.7%, estos valores superan al arroz, la cebada, el maíz y el centeno. Son fuente de proteínas libre de gluten, destacando los ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas (riboflavina, α -tocoferol), y minerales (Ca, Fe, Mg). Con altos niveles de compuestos fenólicos en algunas variedades de quinua, principalmente el ácido fenólico, vinílico y ferúlico (Starzynska-Janiszewska et al., 2017). Investigaciones con respecto a la quinua negra determinaron mayor contenido de compuestos fenólicos en forma libre y conjugada, caracterizados por el ácido vinílico y el ácido. El análisis más detallado confirmó la presencia de al menos 23 compuestos fenólicos en formas libres o conjugadas, entre ellos el ácido vinílico y el ácido ferúlico y sus derivados fueron los principales ácidos fenólicos, estos compuestos, junto con las betacianina, son conocidos por sus muchos efectos que promueven la salud (Tang et al., 2015).

Los compuestos fenólicos consiste de una diversidad de componentes, con propiedades antioxidantes cuyo rango puede ser entre 167.2 a 308.3mg equivalente de ácido gálico por 100 g de peso seco (Han et al., 2019). En los granos de quinua los compuestos fenólicos oscilan entre 167.2 y 308.3 mg equiv AG/100g (Han et al., 2019). Las semillas contienen aproximadamente entre 67% y el 74% de la materia seca corresponde a carbohidratos, entre estos las pentosas (2.9 a 3.6%), fibra cruda 2.5 a 3.9% (Jancurová et al., 2009). El almidón componente principal de la semilla de quinua se encuentra entre 53.5% y el 69.2% de la materia seca (Ruales y Nair, 1993). Las semillas de quinua contienen almidón entre 32 - 60%, las proteínas entre 10 a 18%, el contenido de grasa entre 4.4 y 8.8%, las cenizas compuestas principalmente por potasio y fosforo varia del 2 al 4% (Kozioł, 1992; Romano et al., 2020).

Las semillas se caracterizan por su notable contenido y calidad de lípidos, en comparación con otros cereales, en contenido de grasa oscila entre 5% y el 10% la mayor parte se concentra en el embrión, con presencia significativa de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico) con aproximadamente 30% y ácidos

grasos poliinsaturados como el ácido linoleico y linolénico), representa alrededor de 55 – 60% del total de la grasa (Ruales y Nair, 1993).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Abu et al. (2000) investigaron la fermentación de la harina de camote con especies de tres hongos filamentosos como el *Aspergillus niger* y *Aspergillus oryzae* y el basidiomiceto *Pleurotus ostreatus*. Los resultados demostraron un efecto estadísticamente significativo en el cambio del contenido de lípidos totales principalmente en las muestras fermentadas con *A. niger* y *A. oryzae*, ambas especies incrementaron el contenido de lípidos con el transcurso del período de fermentación, siendo más alto a los 10 días para *A. oryzae* (4.19 ± 0.29 g/100g), *A. niger* (3.92 ± 0.29), *P. ostreatus* con (1.37 ± 0.11 g/100g) estos con respecto al control (1.93 ± 0.01). Las proteínas para *A. oryzae* (20.18 ± 1.03 g/100g), *A. niger* (39.23 ± 2.26), *P. ostreatus* con (4.56 ± 0.26 g/100g). Los resultados de esta investigación determinaron que *A. niger* es rápidamente amilolítico y por tanto una mayor cantidad de carbohidratos podrían haberse catalizado. que la fermentación del camote con. En general, *A. niger* parecía ser el mejor de los tres hongos estudiados, y parecía que *P. ostreatus* no fue útil para el propósito actual.

Veljović et al. (2017) estudiaron la composición química y actividad antioxidante en extractos de etanol de *Ganoderma lucidum*. Demostraron que el contenido de glucanos totales α y β y estos valores dependieron fuertemente del tiempo de extracción y tamaño de partículas. Entre los compuestos detectados hallaron quercetina, ácido transinámico, kaempferol, hesperetina y naringena en extractos mediante HPLC-DAD. Los fenoles más abundantes encontrados fue la hesperetina ($1.875 - 3.222$ ug/g) y la naringenina ($1.235-2.856$ ug/g). Los extractos etanólicos exhibieron una notable actividad antioxidante relacionados con polisacáridos. Mostrándose una correlación significativa entre el efecto anti proliferativo y el contenido de polifenoles totales.

Shi et al. (2012) evaluaron los efectos de las condiciones de fermentación de residuos de cuajada de soja (RCS) con el hongo *Lentinula edodes*. Los resultados determinaron que el contenido de polifenoles totales dependía del

tamaño del inóculo y de la humedad de los sustratos. A tamaño menor del inóculo, hizo que la nutrición del hongo se consumiera rápidamente y la fermentación podría detenerse y los compuestos bioactivos disminuirían. La condición óptima de producción de polifenoles totales fue mejor a un 15 % del tamaño del inóculo con una producción máxima de 203.6 mg Equiv GAE/100g. La humedad del sustrato juega un papel importante, en el metabolismo de los hongos, debido a que, los elevados niveles de humedad conducen a la agregación de partículas del sustrato, como consecuencia a la mala aireación y generan condiciones de anaerobiosis. Los bajos niveles de humedad restringe el desarrollo de los hongos. Los polisacáridos y los aminoácidos totales de los RCS fermentada aumentaron entre cinco y 100 veces más en comparación con la RCS no fermentada. Estos afirmaron que el RCS fermentado podría ser un alimento ecológico potencial y nutritivo y un material alimentario funcional.

Zhai et al. (2015) en su investigación evaluaron los componentes nutricionales y bioactivos en siete cereales fermentados con hongos de la especie de *Agaricus blazei*. Los sustratos empleados fueron semillas de trigo, arroz, avena, maíz, mijo y sorgo. Los resultados demostraron que, los contenidos de componentes nutricionales en los cereales fermentados variaron con el tiempo de fermentación. La fermentación con *A. blazei* (champiñón marrón) con mijo presentó altos contenidos en polifenoles totales, siendo el contenido de proteínas solubles en agua las elevadas con 4.03, 12.04 y 10.37 veces más altas que las muestras crudas. En el trigo el contenido de proteínas totales y azúcares reductores fueron mayores en 0.32 y 100.77 veces mayores que las muestras crudas. La investigación demostró que las propiedades antioxidantes de los cereales fermentados con *A. blazei*, fueron significativamente más fuertes que las muestras crudas.

Xiao et al. (2015) evaluaron el efecto de la fermentación en estado sólido con micelio del hongo *Cordyceps militaris* SN-18 en harina de garbanzos (*Cicer arietinum*). Los resultados determinaron que las proteínas incrementaron de 22.13 ± 1.63 a $26.43 \pm$ g/100g en las muestras fermentadas, se evidenciaron que la capacidad de absorción en las muestras fermentadas se incrementó, así como la digestibilidad proteica in vitro. La fermentación del garbanzo con el hongo *Cordyceps militaris* mejoró las propiedades nutricionales y funcionales de las

muestras, siendo esta tecnología con un gran potencial para diseñar productos alimenticios nutritivos.

López et al. (2015) en su investigación señala que, *Ganoderma lucidum* destaca por su producción de polisacáridos y triterpenos. Emplearon un biorreactor a escala de laboratorio para la fermentación y como sustratos usaron residuos lignocelulósicos de la actividad agrícola enriquecido con glucosa y lactosa. Los resultados mostraron un alto rendimiento de polisacáridos y biomasa fúngica de *Ganoderma sp.* procedente de Colombia. Las condiciones ideales para la producción de biomasa y polisacáridos fueron: Sustrato Bio 3%, lactosa 10%, pH= 4.0, la T= 30°C y el tiempo de fermentación 10 días. Los análisis demostraron que el contenido de polisacáridos totales osciló entre 40% y 60%, estos compuestos presentan altas actividades biológicas, de estos se encontró que más del 80% corresponden a los β -glucanos, componentes mayoritarios en los hongos (pared celular) y en la actualidad estos demuestran alta capacidad antioxidante.

Li et al. (2016) caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de cuajada de soya, mediante fermentación con micelio de *Morchella esculenta* y compararon residuos de cuajada de soya sin fermentar. Determinaron que las muestras fermentadas incrementaron significativamente en comparación a las muestras crudas; los aminoácidos libres se incrementaron de 2343.32 ± 2.43 a 5060.25 ± 3.80 nmol/g, el contenido de polisacáridos se incrementó de 25.22 ± 2.23 a $95.82 \pm$ mg/g, los polifenoles totales de 5.99 ± 0.27 a 7.70 ± 0.18 mg/100g. Esta investigación permitió demostrar que la fermentación con *Morchella esculenta* de los residuos de soya, podría ser considerada como una excelente alternativa para mejorar sus cualidades nutricionales y funcionales.

Kang et al. (2017) determinaron polifenoles totales y la capacidad antioxidante en el trigo sarraceno común, fermentado con tres tipos cepas de hongos: *Agaricus blazei* (*A. blazei* SH26, *A. blazei* AS2796 y *A. blazei* G1). Considerando que el proceso de la fermentación es una alternativa que permite mejorar el contenido de antioxidantes y ácidos fenólicos. Los resultados demostraron que el contenido fenólico de las muestras fermentadas se incrementó a su máximo valor al día 21 de incubación para *A. blazei* SH26 (4.56 ± 0.21 a

18.07±0.62 mg GAE/g), *A. blazei* AS2796 (4.56±0.21 a 6.03±0.02 mg GAE/g) y *A. blazei* G1 (4.56±0.21 a 5.41±0.27 mg GAE/g). Estos contenidos variaron con el tipo de hongo y el periodo del tiempo de fermentación. El método de análisis DPPH para la capacidad antioxidante para la cepa *A. blazei* SH26 varió de 1.53 a 0.76 mg Equiv Trolox/g, *A. blazei* AS2796 osciló de 1.53 a 0.85 mg Equiv Trolox/g) y para *A. blazei* G1 de 1.53 a 6.19 mg Equiv Trolox/g, demostrándose que la cepa con mayor reducción de radicales libres es la cepa *A. blazei* G1. Concluyéndose que el contenido de fenólico total en el trigo fermentado vario con el tiempo de fermentación y los organismos inoculantes.

Bei et al. (2017) evaluaron los fenólicos libres y conjugados en avena (*Avena sativa* L.) fermentada con el hongo *Monascus anka*. Los resultados hallados revelaron que la fermentación incrementó significativamente el contenido de polifenoles totales, principalmente la catequina y el ácido ferúlico incrementaron más de 100 veces y la rutina se incrementó en 355.07 mg/100g. Demostrándose que los compuestos fenólicos mantienen una fuerte correlación positiva con las capacidades antioxidantes. Por los cuales la fermentación podría considerarse como una excelente alternativa para incrementar los compuestos fenólicos y mejorar la capacidad antioxidante en la avena fermentada, este producto podría destinarse como una alternativa para la prevención de la desnutrición y promoción de la salud.

Janiszewska et al. (2017) desarrollaron la fermentación de semillas de *Chenopodium quinoa* de la variedad blanca, roja y negra, empleando como cultivo iniciador el hongo *Rhizopus oligosarum*, para elaborar un producto fermentado conocido como tempeh (alimento fermentado a base de soya). Determinaron las características sensoriales, nutricionales y bioactivas. La humedad fermentación fue de 61 - 65%. El tempeh de semillas de color y blanca difirieron significativamente en sabor y textura. Las proteínas en el tempeh con semillas blancas fueron mayores (16.44 g/100g), el tempeh de quinua roja (15.78 g/100g) y de quinua negra (15.61 g/100g), con respecto a la proteína cruda quinua blanca (14.27 g/100g), semilla roja (13.10 g/100g) y la semilla cruda negra (13.45 g/100g). El producto fermentado con quinua negra fue más abundante en fibra total (18.0 g/100g MS) y fibra insoluble (15.5 g/100 bs). El producto fermentado con quinua blanca presentó en valor más alto de polifenoles (680 mg/100g MS).

Estos productos fermentados a base de semillas de quinua blanca y semillas oscuras pueden recomendarse para la elaboración de productos nutritivos y con capacidades funcionales.

Xu L. et al. (2018) desarrollaron la fermentación diferentes semillas con tres especies de hongos comestibles y medicinales: *Agaricus bisporus* cepa AS2796, *Helvella lacunosa* cepa X1 y *Fomitiporia yanbeiensis*. El micelio de cada especie fue sembrado en el trigo, arroz, avena, maíz, mijo, quinua, trigo sarraceno, soja, guisantes y sorgo. La incubación se realizó durante 7, 14, 21, 28 y 35 días, la temperatura fue a 25°C. Demostrándose que los fenoles totales de los cereales fermentados variaron con el transcurso del tiempo de incubación con cada cepa del hongo. La capacidad de captación de radicales mediante el método de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo), en extractos etanólicos de muestras analizadas a los 35 días de incubación, fueron estadísticamente significativos en todos los productos fermentados frente a las semillas no fermentadas. Esta investigación demostró que esta técnica biotecnológica de la fermentación en fase sólida de cereales puede mejorar las características antioxidantes.

Stoffel et al. (2019) en su investigación, desarrollaron la producción de proteínas fúngicas mediante fermentación de restos de bagazo de uva y de cervecería, emplearon como cultivo el micelio de los *Agaricus blazei*, *Auricularia fuscusuccinea* y *Pleurotus albidus*. Los resultados demostraron que la producción de proteínas fúngicas con *P. albidus* en residuos de grano de cervecería mostraron los valores más altos (22.6 g./100 bs), aminoácidos totales (78.54 mg/g bs) y la biomasa fúngica micelial (125.60 ± 3.30 mg/g bs). El producto fermentado con *Auricularia fuscusuccinea* en los granos gastados de cervecería demostró el valor más alto de polifenoles totales (380.00 mg EAG/100g). El uso de bagazo de uva con *P. albidus* la proteína se incrementó en un 23.9%, el contenido de grasa total se redujo de 15.5% y 77%. Los restos agrícolas y agroindustriales podrían ser sustratos de gran interés en la fermentación con las especies fúngicas, para la obtención de productos altamente nutritivos y con características funcionales.

Acosta et al. (2019) en su investigación, desarrollaron la fermentación de residuos de cascarillas del maíz pelado con cal conocido como *nejayote*. Concluyeron que, los residuos de cascarillas de maíz pelado con cal fermentados

con cuatro especies de basidiomicetos: *Aspergillus oryzae*, *Pleurotus ostreatus* variedad perla, *P. ostreatus* variedad azul y *Hericium erinaceus*, incrementaron significativamente los compuesto polifenoles totales, capacidad antioxidante y fibra dietética soluble (FDS). Los incrementos para los compuestos fenólicos se dieron entre el 31% y 325% con *P. ostreatus* (Perla) en comparación con el control y *Hericium erinaceus* duplicó su capacidad antioxidante con respecto al producto sin fermentar en el tercer día de fermentación. *Pleurotus ostreatus* (perla) también incrementó significativamente el contenido de fibra soluble hasta un 45.49% al tercer día de incubación. La fermentación con estas especies de basidiomicetos mejoró significativamente los componentes del producto fermentado, producto que podría incluirse como ingrediente alimentario funcional.

Han et al. (2019) investigaron el contenido de saponinas, compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de la quinua como efecto del grado de molienda (EGM). Los resultados señalan que el contenido fenólico total cambio de 18.7% a 19.1%. las saponinas, se pudo haber eliminado durante el proceso de molienda, al incrementar el EGM, la saponina disminuyó en 41.8%. Con respecto al ácido gálico y ácido ferúlico fueron los principales compuestos en forma libre y unidas. Se recomienda un grado de molienda baja (<15%) para una efectiva calidad sensorial de aceptabilidad y la retención de los compuestos fitoquímicos durante la molienda.

Asensio et al. (2020) investigaron las características nutricionales y la digestibilidad de harinas lentejas (*Lens culinaris*), mediante la técnica de fermentación en fase sólida con el hongo *Pleurotus ostreatus*. Los resultados demostraron el incremento de proteínas totales en 23%, los polifenoles incrementaron de 2.1 a 3.2 mg equivalente de ácido gálico por g de materia seca, y el almidón resistente fue 9.8%. Las pruebas de digestibilidad in vitro simulado, demostraron que las harinas fermentadas presentaron mayor proteína digerida de 17%, una menor hidrólisis de almidón (34 a 24%), el contenido de polifenoles se incrementó de 3.1 a 7.73 mg equivalente de ácido gálico por g de materia seca. Se concluye que esta tecnología de fermentación en estado sólido con esta especie de hongo y el perfil de digestibilidad mejora considerablemente las características nutricionales frente a las muestras no fermentadas. Esta harina se podría

aprovechar como materia prima para la formulación de nuevos productos novedosos

Olukomaiya et al. (2020) emplearon harina de lupinu (*Lupinus mutabilis*) como sustrato para la fermentación en estado sólido con dos especies de hongos filamentosos: *Aspergillus sojae* y *Aspergillus ficuum* y evaluaron la caracterización proximal y funcional de harina de lupino. Las muestras fermentadas variaron en su composición, excepto las cenizas y fibra. La proteína bruta destacó en la fermentación de la harina de lupinus con *A. sojae* con 36.00% y harina de lupinus con *Aspergillus ficuum* fue 35.27%. Los polifenoles totales en las muestras con *A. sojae* presentó 254 mg GAE/100g, en harina fermentada con *A. ficuum* fue 265 mg GAE/100g. Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios que se caracterizan por ser beneficios para la salud, debido a sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas.

Pinela et al. (2020) explican que los hongos degradan y modifican las propiedades de las muestras lignocelulósicas durante la fermentación en fase sólido. En esta investigación emplearon restos agrícolas como cáscaras de semilla de girasol, cáscaras de arroz y tallos de arroz, para la fermentación con *Pleurotus sapidus*. Con el objetivo de obtener un producto fermentado destinado para alimentación animal. Los resultados mostraron que el hongo *P. sapidus* representan una buena alternativa para modificar la composición de la estructura lignocelulosa en productos asimilables y de fácil digestión.

Garrido et al. (2021) investigaron el efecto de la fermentación en el mejoramiento nutricional y tecnológico en harinas procedente de cereales y leguminosas. Consideran que las legumbres y cereales son considerados una fuente importante de proteínas, fibra y fitoquímicos con buenas propiedades en antioxidantes. Sin, embargo la presencia de los factores anti nutricionales limitan la digestibilidad y biodisponibilidad de los micronutrientes, por lo que la aplicación del remojado, cocción y fermentación pueden mejorar. Las levaduras, hongos y bacterias, mediante sus sistemas enzimáticos que pueden degradar a los anti nutrientes, produciéndose harinas más digeribles, con un perfil nutricional, con características sensoriales y tecnológicos más aceptables.

Eliopoulos et al. (2021) emplearon grano gastado de cervecería, estos residuos alcanzan hasta un 85% del residuo total durante la elaboración de la cerveza. Aplicaron la fermentación para mejorar la composición de los residuos de cervecería, con el objetivo de obtener un alimento para animales. Como cultivo iniciador para la fermentación emplearon, micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, especie caracterizado por ser fuente natural de proteínas, rico en B-glucanos y sintetiza diversos metabolitos como vitaminas, nutrientes y otros compuestos. Como resultado de la fermentación de estos residuos, se obtuvieron un incremento significativo en 49.49% de proteínas, también aumentó de 1.3 a 1.6mg/g de B-glucanos, el contenido de celulosa se redujo en un 11.42%. Esta alternativa tecnológica, permitiría producir productos alimenticios destinados para animales con características nutricionales mejoradas.

Sánchez et al. (2022) investigaron los cambios nutricionales y capacidad antioxidante de quinua y lenteja fermentada con *P. ostreatus*. Evaluaron los cambios en el contenido de polifenoles, producción de biomasa micelial y proteínas. Como resultado del metabolismo, el hongo *Pleurotus ostreatus*, emplea las semillas de lenteja y quinua, para ser fermentada por 14 días con el micelio de hongo. Durante la incubación se observó el desarrollo de la biomasa, incrementándose hasta 30.0 ± 1.4 mg/g bs y 32.0 ± 3 mg/g base seca en los grano y harina de lenteja; asimismo la biomasa tuvo un alto incremento a 52.01 ± 1.08 mg/g base seca y 45.0 ± 2 mg/g base seca en semillas y harina de quinua, a los 14 días de incubación. La mayor producción de proteínas se observó en semillas de quinua en 26% y semillas de lenteja en 21%. Las proteínas incrementaron en 20% y 25%. Las harinas y semillas fueron tratadas térmicamente en autoclave, este proceso permitió la liberación de polifenoles totales. Los resultados permitieron conocer el aporte científico para elaborar productos a base de quinua y lentejas enriquecidas con proteínas fúngica durante la fermentación.

1.2.2 Nacionales

Castro et al. (2023) investigaron la fermentación de semillas de quinua con micelio del hongo comestible *Lentinula edodes* Berk., durante seis periodos de tiempo de incubación. Los resultados reportados para el contenido de proteínas a los 60 días de fermentación fue 19.40g/100g, valor superior a las muestras sin



fermentar, con un incremento significativo en 32.56%, los carbohidratos totales se redujeron de 69.00 a 49.83g/100g, los polifenoles totales a 68.89mg/100g y la capacidad antioxidante en 1066.52 μ TE/100g, superando en 39.96% al producto no fermentado. Considerando que este producto fermentado a los 60 días, sería una excelente alternativa para la alimentación humana.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

Los problemas latentes que agobian a la humanidad en países en vías de desarrollo es la pobreza, la desigualdad, el hambre y la degradación ambiental. En el Perú el nivel de desnutrición en los niños menores de cinco años alcanzó a 14.6%. Apurímac una de las regiones donde la pobreza alcanzó a 42.8%, la desnutrición crónica en menores de cinco años presentó 27.3% y la anemia en menores de 36 meses 56.8% (INEI, 2014). La pobreza y desnutrición son dos indicadores sociales más críticos en Apurímac, principalmente en las zonas rurales, estos problemas sociales tienen efectos severos e irreversibles en el desarrollo físico y cognitivo de los niños, afectando su capacidad intelectual, con consecuencias en la salud y hasta riesgo a morir. El estado nutricional en niños y niñas afecta el proceso de aprendizaje y rendimiento escolar, siendo la desnutrición crónica un indicador de desarrollo de nuestro país. Entre el año 2019 y 2020 en la región de Apurímac, la desnutrición crónica afectó en un 22.7% (valor que se redujo en 4.6 puntos porcentuales) a niños menores de cinco años de edad, de áreas rurales y en menor proporción en niños procedentes de zonas urbana alcanzó al 10.4% (ENDES, 2020).

Los alimentos fermentados juegan un papel esencial, para abordar los problemas de pobreza, desnutrición y hambre en la población africana (Fagunwa y Olanbiwoninu, 2020). Estos alimentos permiten el crecimiento socioeconómico, la seguridad alimentaria, la nutrición y salud de los consumidores en muchos países, permitiendo la provisión de oportunidades de empleo y principalmente el empoderamiento de mujeres desempleadas (Obafemi et al., 2022). Los productos fermentados pueden ejercer efectos beneficiosos en personas con sobrepeso y con problemas metabólicos, asimismo tienen efectos beneficiosos sobre la función del tejido adiposo, puntualmente en la regulación de la proliferación de los peroxisomas, orgánulos responsables de las reacciones oxidativas de degradación de ácidos grasos (Jalili et al., 2023). Se necesitan alimentos con formulaciones nutritivas para reducir los problemas en el retraso del desarrollo de niños menores de 5 años y mujeres gestantes en países en vías de desarrollo y de bajos ingresos económicos (Dimaria et al., 2018). La fermentación en estado sólido con microorganismos, una tecnología ampliamente practicada para modificar y mejorar la calidad nutricional y

funcional de los alimentos. El empleo de hongos y levaduras, tienen ventajas, debido a la baja humedad, mejor estabilidad del producto y los bajos costos de producción (Starzynska et al., 2017; Shi et al., 2012), permite también alargar la vida útil, mejorar la digestibilidad y las propiedades nutritivas de los alimentos (Yang et al., 2020).

Esta investigación tiene como propósito determinar el contenido nutricional y funcional de tres variedades de granos de quinua negra, roja y amarilla como efecto de la fermentación con micelio de *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* durante tres tiempos de incubación, Abancay-2023. Por lo que, el contenido nutricional y funcional de tres variedades de granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla Roja y Amarilla Sacaca), varían con la fermentación con micelio de *Ganoderma lucidum* y *Pleurotus ostreatus* durante tres tiempos de incubación.

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

- ¿Cuál es el efecto del tiempo de fermentación e inóculo de micelio de *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* en las características físico química y funcionales de tres variedades de quinua?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en tres variedades de granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Amarilla Sacaca) fermentadas con micelio de *Pleurotus ostreatus* durante tres tiempos de incubación?
- ¿Cuál es el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en tres variedades de granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Amarilla Sacaca) fermentadas con micelio de *Ganoderma lucidum* durante tres tiempos de incubación?

2.3 Justificación

Los productos fermentados actualmente son de gran interés social, debido a sus propiedades nutricionales y funcionales. Los beneficiosos de los alimentos fermentados en la salud, en la prevención de enfermedades, la vida útil y las características sensoriales es valioso (Şanlıer et al., 2019). La fermentación en estado sólido (FES) es una opción

muy interesante para el enriquecimiento con compuestos nutritivos y funcionales, en la actualidad ha ganado credibilidad en la industria biotecnológica debido a sus aplicaciones en la producción de metabolitos secundarios biológicamente activos, alimentos con valor proteico y funcional, siendo alimentos muy populares en Japón (Singhania et al., 2009; Suryanarayan, 2003; Chouhan et al., 2019). La fermentación tiene efectos sobre la actividad antioxidante de los productos vegetales, principalmente de polifenoles y flavonoides, (Hur et al., 2014b). La dieta en la primera infancia juega un papel preponderante en el desarrollo y crecimiento, por lo que la ingesta de estos productos son necesarios y esenciales durante el desarrollo de los niños (Walker et al., 2011). La fermentación al producir cambios en el perfil nutricional, la biodisponibilidad de los componentes de frutas, semillas y vegetales, permiten también la disminución de azúcares y compuestos anti nutricionales (Cheigh y Park, 1994).

Estos productos fermentados a base de semillas de color de quinua (roja, negra y blanca) con micelio de *Pleurotus ostreatus* de *Ganoderma lucidum*, podrían tener muchas aplicaciones y beneficios en la industria alimentaria y destinarse a programas sociales para fines de desayunos escolares, usarse como saborizantes, en la elaboración de productos de panadería, bebidas, espesantes, etc. Se sugiere que, estos productos fermentados deberían destinarse a investigar la efectividad proteico- calórico en niños normales y niños desnutridos y la relación de peso, talla y aptitudes cognitivas. Por lo que es necesario aplicar tecnologías alternativas para satisfacer la demanda de alimentos con mejores propiedades nutricionales y funcionales, motivos por los cuales se pretende usar la quinua de las variedad roja, negra y amarilla. *Ganoderma lucidum* conocido como Ling - Zhi, un macrohongo de podredumbre blanca, que se utiliza ampliamente en China, Japón, Korea y otros países asiáticos. Por otro lado, el hongo ostra u oreja blanca (*Pleurotus ostreatus*), es una de las especies comestibles más comercializados mundialmente (Tsang et al., 1987). Se caracteriza por su sabor agradable, textura, su contenido de proteínas, minerales (calcio, fósforo, hierro), vitaminas y bajo contenido de grasas (Kurtzman, 2005). Por todo lo expuesto, se plantea esta investigación con el objetivo de determinar el efecto del tiempo de fermentación e inóculo con micelio de *Ganoderma lucidum* o *Pleurotus ostreatus* en el contenido nutricional y funcional de tres variedades de quinua.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Determinar el contenido nutricional y funcional de tres variedades de granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla Roja y Amarilla Sacaca) como efecto de la fermentación con micelio de *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* durante tres tiempos de incubación.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles y la capacidad antioxidante de tres variedades granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Amarilla Sacaca) fermentadas con micelio de *Pleurotus ostreatus*, durante tres tiempos de incubación.
- Determinar el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y la capacidad antioxidante de tres variedades granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Amarilla Sacaca) fermentadas con micelio de *Ganoderma lucidum*, durante tres tiempos de incubación.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- El contenido nutricional y funcional de tres variedades de granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla Roja y Amarilla Sacaca), varían durante la fermentación con micelio de *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* durante tres tiempos de incubación.

2.5.2 Hipótesis específicas

- El contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y la capacidad antioxidante de tres variedades granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla roja y Amarilla Sacaca), varían durante la fermentación con micelio de *Pleurotus ostreatus*, durante tres tiempos de incubación.
- El contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y la capacidad antioxidante de tres variedades granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla Roja y Amarilla Sacaca), varían durante la



fermentación con micelio de *Ganoderma lucidum*, durante tres tiempos de incubación.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La primera etapa de la investigación, concerniente a la producción del micelio, para la etapa de fermentación de las semillas de quinua, se realizó en el Laboratorio de Biología y Microbiología. La caracterización de proteínas, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de muestras fermentadas en el Laboratorio de Química y Laboratorio de Análisis Instrumental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la UNAMBA. La sede central de la universidad está ubicada en la ciudad de Abancay, distrito de Tamburco, provincia de Abancay. La zona presenta un clima generalmente cálido y templado, temperatura mínima 4 y máxima 20 °C, precipitación promedio 179.02mm/mes; humedad relativa 70 a 80%, altitud 2 377 msnm (PACCPERÚ, 2012). La ciudad de Abancay se ubica al sur del Perú, al norte del Valle del Río Pachachaca (PDU, 2012). Con una topografía heterogénea. Superficie con abundante cobertura vegetal y pendientes moderadas y zonas con altos índices de erosión. con una población alrededor de 110 520 habitantes, que representa el 23.77% del total de la población. La actividad económica más representativa es la actividad agrícola (con el 24%), servicios gubernamentales (20.9%), el comercio (12.3%), la producción minera contribuye con solo 6.4% a la economía del departamento (ENDES, 2020).

Figura 5

Sede central, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac



Nota. Tomado de Google Earth (2004)

3.2 Población

La población de estudio está constituida por la producción total de semilla de quinua (variedad Roja Pasankalla, Negra Collana y Amarilla Sacaca), fermentadas y acondicionadas en frascos con inóculos de *P. ostreatus* y *G. lucidum*. Dos inóculos en tres variedades de quinua y tres tiempos de fermentación (10, 20 y 30 días).

3.3 Muestra

Son aquellas muestras consideradas para los análisis, y están sujetas a un muestreo probabilístico, mediante el muestreo aleatorio simple, según los requerimientos de la metodología de análisis. Según el diseño de análisis multifactorial de 2x3x3, corresponde a 18 muestras (con 3 repeticiones).

3.4 Método de investigación

Esta investigación es de tipo experimental cuantitativo, debido a los cambios y modificaciones que se presentará la manipulación de las variables independientes como el tiempo de incubación, las dos especies de hongos y las tres semillas de color de la quinua en las variables respuesta como las características nutricionales y funcionales de las muestras fermentadas.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos

A. Variables independientes

- X₁: Tiempo de fermentación (10, 20 y 30 días de incubación)
- X₂: Inóculos (micelio de *P. ostreatus* y *G. lucidum*)
- X₃: Tipos de sustratos (tres variedades de quinua)

B. Variables dependientes

- Y₁: Contenido nutricional (proteínas totales, carbohidratos totales, cenizas y grasas)
- Y₂: Polifenoles totales y capacidad antioxidante

C. Variables intervinientes

- Temperatura de incubación: 25°C
- Humedad de sustratos: 70%

3.5.2 Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos, insumos y otros

A. Material biológico

- Micelio de *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* obtenido del banco de cepario del Laboratorio de Biología y Microbiología.
- Tres variedades de quinua: Amarilla Sacaca, Roja Pasankalla y Negra Collana.

B. Materiales de laboratorio

- Placas Petri pyrex 15 x100mm x 30 unidades para la preparación de los medios de cultivo y siembra de la fase vegetativa de los hongos.
- Tubos de ensayo con tapa de borosilicato 20 x150mm x 30 unidades, para la conservación del cepario de las dos especies de hongos.
- Frascos Pyrex con tapa de borosilicato, transparente x 500cc, para el acondicionamiento de las semillas y la fermentación de las muestras.
- Bandejas de acero inoxidable 40 x 20cm, para la cosecha y secado de las muestras fermentadas.
- Micro espátula doble, 210mm de largo, para el corte del micelio impregnado en PDA.
- Barra magnética 30mm x 6mm, para la homogenización de los reactivos.
- Tubos ependor de 50 ml, para la maceración y extracción con metanol de las muestras.

C. Medios de cultivo y reactivos

- Agar Papa Dextrosa frasco x 500g liofilizado marca Merk, medio comercial liofilizado para el aislamiento del micelio.

- Agua destilada químicamente pura, para la elaboración de los medios de cultivo y pruebas analíticas.
- Alcohol de 70°x Lt., antiséptico y desinfectante.
- Hipoclorito de sodio al 3% para desinfección de áreas superficiales de trabajo.
- Sulfato de potasio Spectrum USA (determinación de proteínas).
- Sulfato de cobre (determinación de proteínas).
- Ácido sulfúrico, concentrado reactivo controlado Spectrum USA (determinación de proteínas).
- Hidróxido de sodio (determinación de proteínas).
- Ácido bórico (determinación de proteínas).
- Ether petróleo de 35-60° x 1L, Spectrum USA (determinación de grasa).
- Metanol QP (producto fiscalizado).
- Reactivo Folin-Ciocalteu 1N. (para polifenoles totales).
- Carbonato de sodio (para polifenoles totales).
- Reactivo Trolox. Sigma Aldrich (capacidad antioxidante).
- Reactivo DPPH x 50 mg Sigma Aldrich (capacidad antioxidante).
- Persulfato de potasio x 100g (capacidad antioxidante).
- Ácido gálico (capacidad antioxidante).

D. Equipos

- Autoclave vertical, Farmarel Laboratorio, capacidad 55Lt, modelo FV5055.
- Equipo de destilador de agua Ivgmen System, para la producción de agua destilada.
- Mufla Therm Concept, 1100°C, voltage 230V, 30kg capacidad, para determinacion de cenizas.
- Balanza analítica, capacidad 220g sensibilidad 0.001g, pesado de reactivos.
- Balanza analítica 1.5K, sensibilidad 0.01g pesados de muestras.
- Incubadora Binder, capacidad 50 K, doble puerta, para la incubación del material biológico e incubación de las muestras.

- Cámara de flujo laminar horizontal, con flujo de aire constante y fuente de rayos UV, Marca Labconco, para la manipulación asépticas de los ensayos microbiológicos.
- Estufa de convección forzada de 48L. Marca: JSR para secado de muestras y determinación de humedad.
- Espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 10s UV-Vis, para la cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante.
- Equipo Kjeldhal, Labconco, con 6 viales, rango muestra 0.25 a 1.5g, para determinación de proteínas.
- Destilador Kjeldhal, Labconco, para determinación de proteínas.
- Extractor Soxhlet, Buchi para 6 muestras, para determinación de grasas.
- Mechero Bunsen con suministro de gas propano, llama con radio de esterilidad 10cm. Equipo que permite el plaqueado y siembra de biológicos en condiciones estériles.

3.5.3 Aislamiento y producción del micelio *Pleurotus ostreatus*

El micelio del hongo *P. ostreatus* mantenidos en refrigeración en tubos con el Agar Papa Dextrosa (PDA), fueron adquiridos del Laboratorio de Biología y Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Esta etapa de aislamiento del micelio en PDA, se realizó en condiciones de asepsia, tomando en cuenta la higiene y desinfección del área de trabajo. Se empleó hipoclorito de sodio al 3% para desinfección de mesas de trabajo y alcohol de 70° para manos.

Se tomaron en consideración las condiciones asépticas del ambiente de procesamiento y la esterilización de materiales y medios de cultivo. Se procedió al repique del micelio con ayuda de una aguja de siembra a partir de tubos de ensayo conservados en refrigeración a placas petri con el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA). Las placas fueron codificadas con la fecha de incubación, el tipo de cepa y nombre del medio de cultivo.

Se dejaron en incubación a 25 °C, en una incubadora BINDER de convección natural, este procedimiento se realizó cerca al mechero bunsen, tomándose en cuenta las recomendaciones de Xu et al. (2018) y Zhai et al. (2015).

La incubación del micelio en el medio de cultivo PDA, se realizó hasta el completo crecimiento en toda superficie de las placas Petri, el tiempo de desarrollo del micelio fue aproximadamente 8 a 10 días.

3.5.4 Aislamiento y producción del micelio *Ganoderma lucidum*

El micelio de *G. lucidum* se adquirió del cepario mantenido durante dos meses en refrigeración, procedente del Laboratorio de Biología y Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAMBA.

El primer repique del micelio se realizó en el medio PDA empleando para la transferencia un asa de siembra estéril. Este procedimiento se realizó en presencia del mechero bunsen y tomando en cuenta la higiene y desinfección del área de trabajo. Se empleó hipoclorito de sodio al 3% para desinfección de mesas de trabajo y alcohol de 70° para manos.

Las muestras se dejaron en incubación en una incubadora BINDER a 25 °C, entre 8 a 10 días, tomándose en cuenta las recomendaciones de Xu et al., (2018) y Zhai et al. (2015). La incubación del micelio del hongo se realizó hasta el completo desarrollo en la superficie de las placas Petri.

3.5.5 Preparación y acondicionamiento de semillas de quinua

Las semillas de quinua, variedad Negra Collana fueron adquiridos de productores y asociaciones del Proyecto Quinua del distrito de San Jerónimo, Andahuaylas; la variedad Pasankalla Roja adquiridos de la comunidad de Ccacce y la variedad Amarilla Sacaca de la comunidad de Huancabamba, las tres variedades pertenecen a la Provincia de Andahuaylas, todas cosechadas en la campaña 2023 entre los meses de mayo y junio. Estas semillas fueron empleadas como sustrato para la fermentación con micelio puro de los hongos. Se detallan los procedimientos para el acondicionamiento de los granos a continuación:

A. Limpieza y lavado de semillas

La limpieza de las semillas, se realizó para separar las impurezas como tierra, arenilla y otros restos, asimismo, seguidamente se efectuó el lavando con la finalidad de liberar las saponinas. Este procedimiento se realizó manualmente con abundante agua. Seguidamente se realizó el remojo en agua durante 24 horas.

B. Esterilizado de las semillas de quinua

Una vez escurrido y oreado por separado las semillas de cada variedad de quinua estas fueron acondicionados en frascos de vidrio de 500cc. Para la fermentación es estado sólido se emplearon frascos de tapa rosca, donde se pesaron 200 g de semilla de quinua de cada variedad por separado. Los frascos con contenido de las semillas fueron tratados térmicamente para su esterilización en autoclave a 121 °C/15 Lb/20 minutos, con la finalidad de obtener un sustrato estéril y libres de contaminación.

3.5.6 Inoculación de los micelios e incubación de las semillas

Los frascos conteniendo los granos estériles fueron retirados del equipo autoclave y enfriados a temperatura ambiente antes de su inoculación con el micelio de cada especie de hongo.

Con ayuda de una espátula estéril, se procedió a tomar 3 fragmentos del agar papa dextrosa impregnados con micelio de *P. ostreatus* (2x2 cm²) y *G. lucidum* (2x2 cm²), introduciéndose en cada frasco y poniéndose en contacto en la superficie de las semillas de cada variedad de quinua (Zhai et al. 2015).

Los frascos una vez inoculados con el micelio de *P. ostretus* o *G. lucidum*, fueron incubados a 25 °C, durante 10 días, 20 días y 30 días. Los granos fermentados fueron cosechados cada 10 días durante tres períodos de tiempo para su análisis.

3.5.7 Métodos analíticos

Las semillas de las tres semillas de color fermentadas por cada especie de hongo, fueron cosechadas en tres diferentes tiempos (a los 10 días, 20 y 30 días de incubación) para el análisis en el laboratorio. Todas las muestras fermentadas fueron secadas en horno de convección forzada durante 48 horas a 50 °C, asimismo, las muestras no fermentadas.

3.5.8 Ensayo para determinación de proteínas:

El contenido de proteínas totales se determinaron por el método de Kjeldhal y el factor de conversión de 6,25 AOAC, (2000), se expresaron en g/100g base seca. Este ensayo se realizó por etapas:

A. Digestión

- Peso de la muestra 0.6 gramos por cada muestra,
- Sulfato cúprico (Cu SO_4) 0.05g por cada muestra
- Sulfato de potasio ($\text{K}_2 \text{SO}_4$) 15g por cada muestra
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) 20ml por cada muestra

Cada pesado se colocó en los balones de digestión de forma ordenada en cada una de las hornillas por un tiempo de 30 min aproximadamente hasta conseguir toda la liberación de los gases

B. Destilación

Se añadió 100ml hidróxido de sodio (NaOH) a cada muestra contenida en el matraz y se agregó 150 ml de ácido bórico y el agente para la tinción azul de metileno y rojo de metilo. En esta etapa se obtiene por reacción productos nitrogenados como el amoníaco a partir de las muestras.

C. Titulación

Durante este proceso se utilizó ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.02 N, el gasto dependerá de la concentración de la muestra hasta que surge al primer cambio de tonalidad de verde a un color rojizo a azulino y estos datos son registrados para los cálculos respectivos. Determinación de carbohidratos:

El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia, restando al 100% el porcentaje de humedad, proteínas, lípidos y cenizas (Collazos et al, 1996).

3.5.9 Determinación de grasa total:

La grasa total se obtuvo mediante extracción con Ether de Petróleo (grado 35 a 60 °C), utilizando el método Soxhlet AOAC, (2012). Previamente las muestras fermentadas se sometieron a molienda en un molino eléctrico marca Retsch GM 200. Se pesaron 5 g de cada muestra y se colocaron en un dedal de celulosa. Seguidamente se instalaron en equipo extractor de grasa DET - GRAS N P SELECTA las cubetas conteniendo éter de petróleo, el disolvente se liberó en un rotavapor. Finalmente se pesó la grasa extraída. El contenido de grasa total se expresó en g/100g base seca.

Se calculó con la fórmula:

$$\% \text{ Lipido} = \frac{\text{Peso lipido extraido}}{\text{peso de muestra seca}} \times 100$$

3.5.10 Determinación del contenido de cenizas:

El contenido de cenizas se determinó mediante la técnica de incineración en crisoles, previamente se realizó una pre calcinación e las muestras a la llama del mechero bunsen, hasta que dejen de emanar humo, seguidamente los crisoles se colocaron en el horno mufla marca THERM CONCEPT Powered by Innovation, y se programó a 600 ° C por 6 horas, para el carbonizado, según el método recomendado por AOAC, (2000). (Mortensen y Wallin, 1989). El contenido de cenizas se determinó en g/ 100g bs.

3.5.11 Determinación de humedad:

La humedad se determinó mediante secado en estufa de circulación de aire forzado a 100°C, hasta peso constante de las muestras (AOAC, 2005).

3.5.12 Determinación de polifenoles totales:

El contenido de polifenoles totales de las muestras fermentadas y no fermentadas se estimó utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu, siguiendo las recomendaciones de Singleton et al. (1999) y Chang et al. (2006). Se empleó ácido gálico como estándar de referencia. Se preparó la curva de calibración con ácido

gálico a una concentración de 250 mg/L y a partir de este se tomaron diluciones a diferentes concentraciones; de las cuales se tomo 0,5 mL y se añadió 2,5 mL del reactivo Folin Ciocalteu y por último se añadió 2 ml de Na₂CO₃.

Dejando reaccionar en oscuridad durante 60 min., posteriormente la lectura se realizó a 740 nm para ver la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Visible (Génesis 20 Thermo Electron, se procedió de la misma forma para los extractos. Las concentraciones de compuestos fenólicos se determinaron de acuerdo a la ecuación ácido gálico. Los resultados se expresaron como mg AG eq./g de extracto en base seca.

3.5.13 Actividad antioxidante mediante método DPPH:

Para este procedimiento empleó el método DPPH, según la descripción y metodología de Kang et al. (2017) y Sánchez et al. (1999), utilizando Trolox como estándar. Se preparó la curva de calibración con Trolox a 200mg/L y metanol al 80% se diluyó a diferentes concentraciones, seguidamente se tomaron 0.1 mL para luego adicionar 2.9 ml de la solución de DPPH, agitándose vigorosamente, y se mantuvo en oscuridad durante 1 hora transcurrida el tiempo se realizó la lectura de las absorbancias a 517nm en espectrofotómetro UV-Visible Génesis 20 Thermo Electron. Tomando en cuenta el metanol 80% como blanco, se procedió de la misma forma para los extractos. Los resultados finales se expresaron en mgTE/g base seca.

3.5.14 Aplicación de la prueba estadística inferencial

Para contrastar la hipótesis y comprobar las diferencias o no diferencias significativas entre las unidades experimentales, los datos por triplicado, fueron mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 95%, ($P \leq 0,05$) y para la comparación múltiples de medias individuales, fueron sometidas a la prueba estadística de Tukey, con un 95% de significancia. Se utilizó el software R versión 4.1.3.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Composición proximal de tres variedades de quinua fermentadas con *P. ostreatus*

El análisis proximal del contenido de proteínas, carbohidratos, grasa y cenizas de quinua amarilla, roja y negra (testigo muestras sin fermentar) y semillas fermentadas durante 10, 20 y 30 días con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* se resume en la Tabla 1. La fermentación modificó significativamente ($P < 0.05$) el contenido de proteínas, mostrándose mayor en la semilla amarilla con *P. ostreatus* (15.70 ± 0.17 g/100g) y con *G. lucidum* (13.87 ± 0.05), en la semilla roja con *G. lucidum* (14.59 ± 0.22 g/100g) y con *P. ostreatus* (14.48 ± 0.11 g/100g) al día 30 de fermentación.

Tabla 1

Contenido proximal de tres variedades de quinua testigo y fermentadas con P. ostreatus

Composición proximal	Variedad quinua	Sin fermentación	Tiempo de fermentación con <i>P. ostreatus</i> (días)			
		Testigo	10	20	30	
Proteínas totales (g/100g)	QAS	10.14 ± 0.03 ^{aA}	11.59 ± 0.17 ^{bA}	12.78 ± 0.22 ^{cA}	15.70 ± 0.17 ^{dB}	
	QRP	11.79 ± 0.09 ^{aC}	12.92 ± 0.35 ^{bB}	13.72 ± 0.33 ^{cB}	14.48 ± 0.11 ^{dA}	
	QNC	11.47 ± 0.06 ^{aB}	12.51 ± 0.07 ^{bB}	13.29 ± 0.31 ^{cB}	13.92 ± 0.41 ^{cA}	
Carbohidratos (g/100g)	QAS	67.17 ± 0.63 ^{dA}	66.10 ± 0.15 ^{cA}	64.22 ± 0.22 ^{bA}	61.45 ± 0.16 ^{aA}	
	QRP	67.27 ± 0.43 ^{cA}	65.76 ± 0.25 ^{bA}	64.96 ± 0.69 ^{bA}	63.19 ± 0.11 ^{aB}	
	QNC	66.74 ± 0.07 ^{cA}	65.57 ± 0.33 ^{bA}	64.93 ± 0.33 ^{bA}	63.34 ± 0.67 ^{aB}	
Grasas (g/100g)	QAS	5.91 ± 0.04 ^{cC}	4.85 ± 0.01 ^{aA}	4.90 ± 0.30 ^{aB}	5.48 ± 0.11 ^{bA}	
	QRP	4.93 ± 0.03 ^{bA}	4.69 ± 0.21 ^{bA}	4.20 ± 0.24 ^{aA}	4.81 ± 0.11 ^{bB}	
	QNC	5.51 ± 0.15 ^{cB}	5.20 ± 0.06 ^{bB}	4.83 ± 0.02 ^{aB}	5.05 ± 0.04 ^{abC}	
Cenizas (g/100g)	QAS	2.30 ± 0.01 ^{abC}	2.25 ± 0.02 ^{aAB}	2.35 ± 0.06 ^{bB}	2.47 ± 0.03 ^{cAB}	
	QRP	2.04 ± 0.01 ^{aA}	2.18 ± 0.05 ^{abA}	2.14 ± 0.06 ^{abA}	2.28 ± 0.16 ^{bA}	
	QNC	2.14 ± 0.02 ^{aB}	2.37 ± 0.09 ^{bB}	2.60 ± 0.04 ^{cC}	2.52 ± 0.00 ^{cB}	

Nota. Valores promedio de 3 determinaciones independientes ± error estándar ($p < 0.05$). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de fermentación y letras diferentes en mayúscula indican diferencia significativa entre tipos

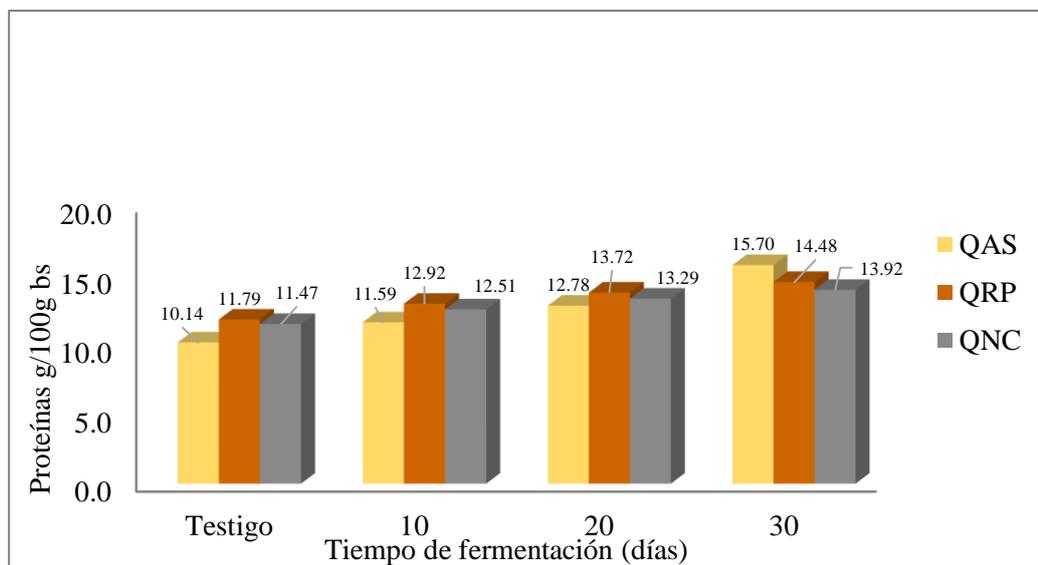
de sustrato. QAS: Quinoa amarilla Sacaca. QRP: Quinoa roja Pasankalla. QNC: Quinoa negra Collana

La Tabla 1 resume a los carbohidratos en las tres variedades de quinoa (QAS, QRP y QNC) con *P. ostreatus*, durante los tiempos de fermentación (10, 20, 30 días), el contenido de carbohidratos mostró diferencias significativas ($P < 0.05$), al disminuir gradualmente con el transcurso del tiempo. El contenido de carbohidratos entre las muestras crudas (testigo) no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$). La mayor degradación de carbohidratos se observó en las semillas amarillas testigo (67.17g/100g), reduciéndose significativamente ($P < 0.05$), a los 10 días (66.10 g/100g), a los 20 días (64.22g/100g) y 30 días (61.45 g/100g).

En la Tabla 1 se observa también el contenido de grasas en muestras testigo y muestras fermentadas con micelio de *P. ostreatus* durante tres tiempos de fermentación. Las muestras crudas de QAS, QRP y QNC (5.91, 4.93 y 5.51g/100g) muestran valores superiores de grasa, frente a las muestras fermentadas durante los 10, 20 y 30.

Figura 6

Contenido de proteínas en tres variedades de quinoa fermentada con P. ostreatus

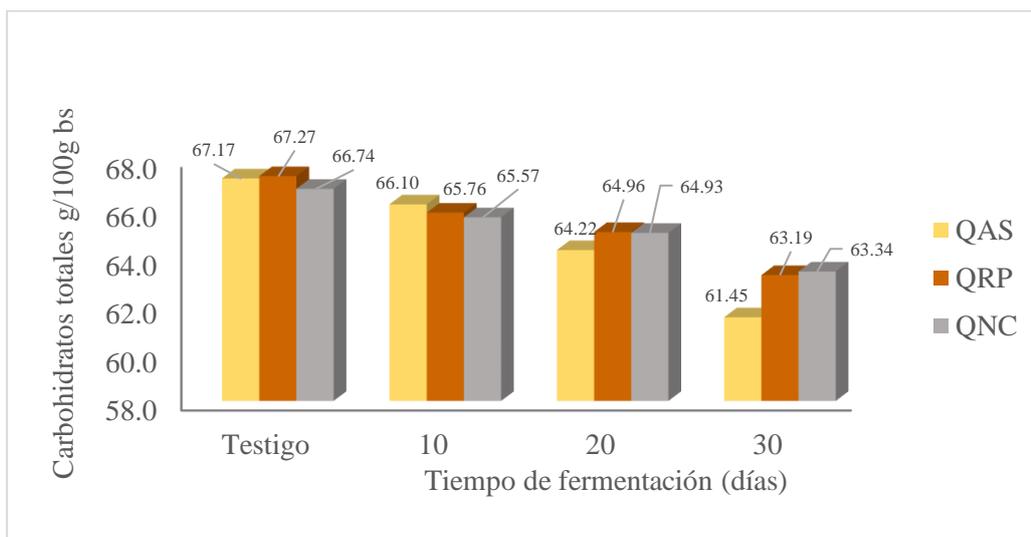


La Figura 6. muestra el contenido de proteínas en las tres variedades de quinoa fermentadas con micelio de *P. ostreatus*. En la QAS fermentada con el hongo, las proteínas se incrementan gradualmente hasta 15.70g/100g, en la QRP

se incrementó a 14.48g/100g y la QNC 13.92g/100g a los 30 días de incubación. Las muestras fermentadas a los 30 días en orden de prelación incrementaron el contenido de proteínas en 35.41%, 18.57%, 17.60% respectivamente, con respecto a los testigos, mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre los tres periodos de incubación y las tres variedades de quinua.

Figura 7

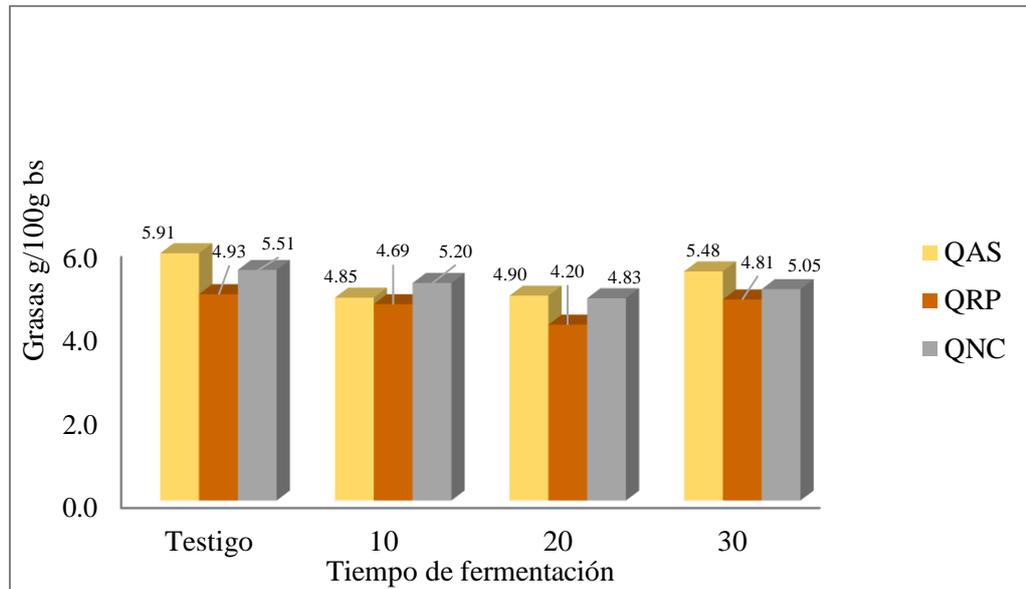
Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua fermentada con *P. ostreatus*



La Figura 7 muestra los valores del contenido de carbohidratos en las tres variedades de quinua testigo y muestras fermentadas durante 10, 20 y 30 días de incubación con *P. ostreatus*. En la QAS, QRP y QRC sin fermentar el contenido de carbohidratos totales fueron 67.17g/100g, 67.27g/100g y 66.74g/100g respectivamente, estos valores se aproximan a los reportes de Sánchez et al., (2023), quienes determinaron 76.7 ± 0.2 g/100 para la quinua blanca y en la quinua negra cruda hallaron 76.6 ± 0.5 g/100g base seca. Otros autores sugieren que la quinua contiene entre 55 al 65% de contenido de carbohidratos.

Figura 8

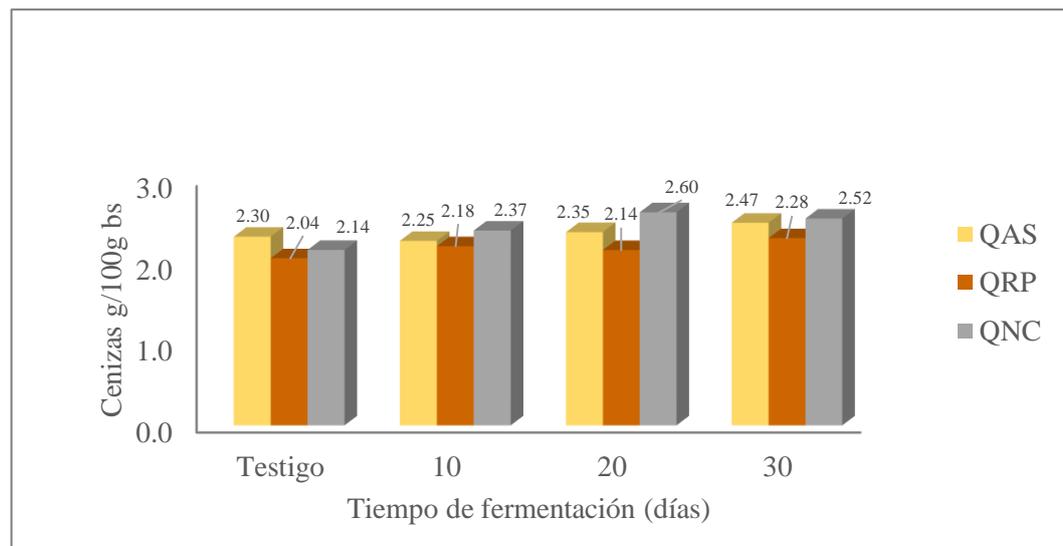
*Contenido de grasa en tres variedades de quinua fermentada con *P. ostreatus**



La figura 8 muestra el contenido de grasas en la QAS, QRP y QNC (sin fermentar o testigo) estos resultados (5.91, 4.93 y 5.51g/100g), son superiores con respecto a las semillas fermentadas durante 10 y 20 con *P. ostreatus*, durante la fermentación las grasas sufrieron una ligera reducción.

Figura 9

*Contenido de cenizas en tres variedades de quinua fermentada con *P. ostreatus**



El contenido de cenizas en muestras crudas y fermentadas de las tres semillas de color se muestra en la Figura 9 la ceniza entre las tres semillas de color crudas sin fermentar osciló entre 2.04/100 g y 2.60g/100 g mostrando diferencias significativas ($P<0.05$).

4.1.2 Resultados de polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua con *P. ostreatus*.

Tabla 2

Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentadas con P. ostreatus

Resultado	Variedad. quinua	<i>Pleurotus ostreatus</i>			
		Tiempo de fermentación (días)			
		0 (Testigo)	10	20	30
Polifenoles Totales mg. EAG/100g	QAS	98.33± 1.11 ^{cB}	49.58 ± 1.14 ^{bA}	42.32 ± 1.47 ^{aA}	39.04 ± 1.44 ^{aB}
	QRP	74.62 ±2.09 ^{dA}	56.32 ± 1.63 ^{cB}	50.35 ± 3.56 ^{bB}	28.88 ± 0.49 ^{aA}
	QNC	96.15± 2.03 ^{cB}	47.68 ± 0.58 ^{aA}	52.54 ± 1.83 ^{abB}	55.52 ± 3.37 ^{bC}
Capacidad Antioxidante mg Equi Trolox/100g	QAS	52.36 ± 0.98 ^{cB}	33.09 ± 0.31 ^{bA}	30.73 ± 0.69 ^{bA}	20.04 ± 0.19 ^{aA}
	QRP	45.02 ± 1.90 ^{aA}	39.88 ± 1.20 ^{bC}	47.51 ± 1.08 ^{cB}	21.68 ± 0.39 ^{aB}
	QNC	46.89 ± 0.54 ^{aA}	36.58 ± 0.19 ^{bB}	52.00 ± 0.04 ^{dC}	27.60 ± 0.91 ^{aC}

Nota. Valores promedio de 3 determinaciones independientes ± error estándar ($p<0.05$). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de fermentación y letras diferentes en mayúscula indican diferencia significativa entre tipos de sustrato.

La Tabla 2 reporta los polifenoles totales en tres variedades de quinua de color testigo (sin fermentar) y semillas fermentadas con *Pleurotus ostreatus* durante 10, 20 y 30 días. Se aprecia altos contenidos de polifenoles totales en las muestras testigo: QAS (98.33 mg EAG/100g), la QRP (74.62 mg EAG/100g) y la QNC (96.15 mg EAG/100g), con el transcurso del tiempo de fermentación estos valores disminuyen en las tres variedades. Muchos factores intrínsecos y extrínsecos como el tipo de microorganismo en este caso la especie fúngica, como la estructura y composición físico químicas de los granos, la temperatura de secado, la luz y exposición al oxígeno atmosférico, etc., pueden tener influencias en los polifenoles. Al respecto Hur et al., (2014), señala que, los valores de los polifenoles totales encontrados en diversas investigaciones difieren, esto podría

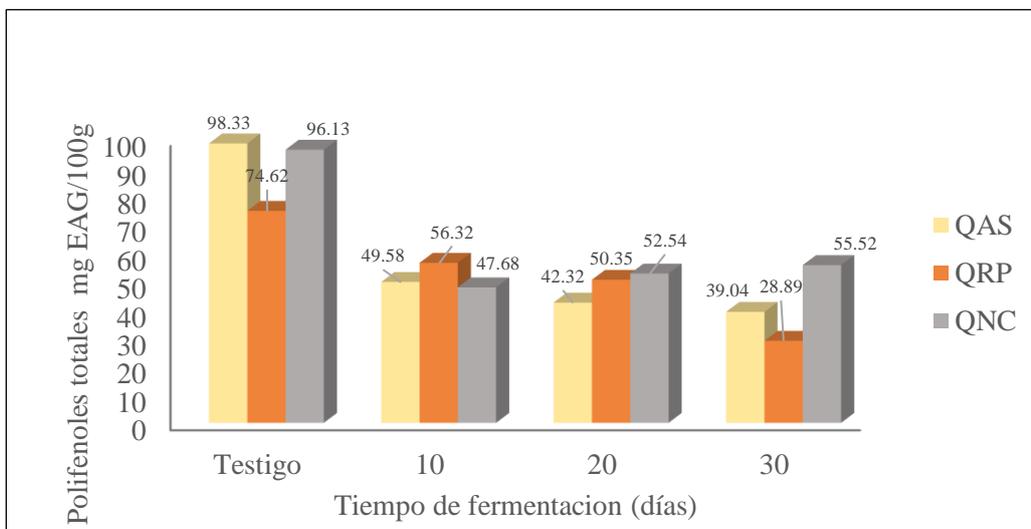
implicarse a factores como rasgos genéticos, condiciones de crecimiento y procesamiento poscosecha de las semillas de la quinua.

Otro factor que podría permitir la variación de los polifenoles podría estar relacionado con la bioconversión de algunos fenoles en otras moléculas con alta capacidad antioxidante como las agliconas libres, pueden ocurrir una disminución de los fenoles libres. Por otro lado Adebo y Medina (2020), explica que durante la fermentación, los polifenoles pueden encontrarse en forma ligada y conjugada y estos pueden ser liberados por las ruptura de las paredes celulares de las semillas, debido a la acción enzimática y actividad metabólica de los microorganismos durante la fermentación.

Sánchez et al. (2023) demostraron los resultados de la fermentación de dos harinas de lenteja Pardina y Catellana, con el hongo *P. ostreatus*, Los resultados de la capacidad antioxidante mediante por el método DPPH, de quinua blanca cruda fue de 107.00 ± 0.005 mg Trolox/100g este valor fue superior a la capacidad antioxidante en quinua blanca fermentada y secada a 50°C (79.0 ± 0.012 mg Trolox/100g), las semillas color negra cruda 88.00 ± 0.033 mg Trolox/100g y las semillas fermentada y secada 50°C la capacidad antioxidante fue 62.9 ± 0.01 mg Trolox/100g. El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante se redujeron en ambas semillas fermentadas. En su investigación Zhai et al., (2015), reportó polifenoles totales en cereales fermentados con *Agaricu blazei* alcanzando su valor máximo a los 30 días de fermentación: 195 mg GAE/100g (en el mijo), 188.0 mg GAE/100g (avena), 175 mg GAE/100g (trigo), 58 mg GAE/100g (arroz) y 21.0 mg GAE/100g (maíz). El proceso de secado y la temperatura pueden tener influencias directas en las muestras fermentadas (Patrón et al., 2019).

Figura 10

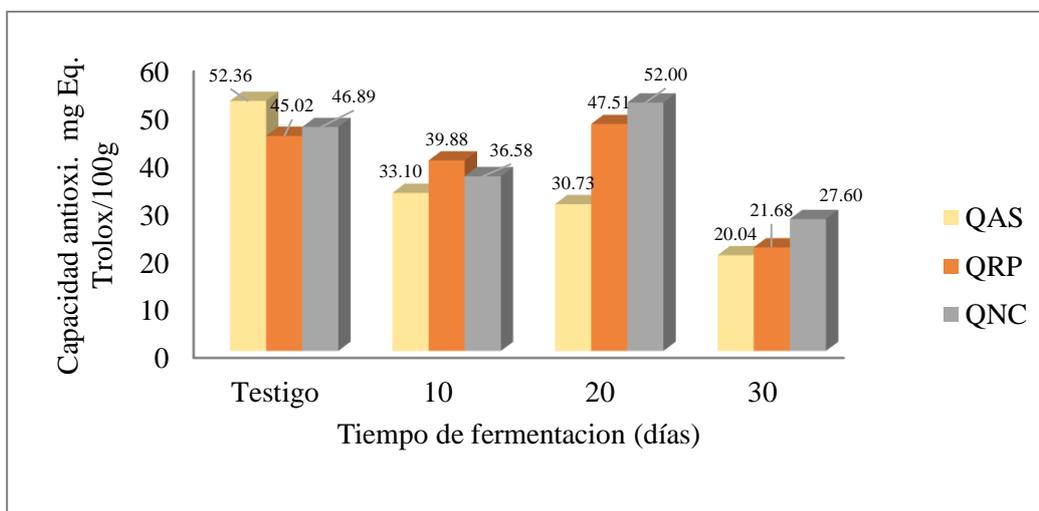
Polifenoles totales en tres variedades de quinua fermentada con P. ostreatus



La Figura 10 registra el contenido de polifenoles totales en las tres quinuas de color (QAS, QRP y QNC) sin fermentar (testigo), estos mostraron valores superiores con respecto a las muestras fermentadas durante 10, 20 y 30 días.

Figura 11

Capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentada con P. ostreatus



La Figura 11 reporta la capacidad antioxidante en las tres variedades de quinua de color sin fermentar (testigo) y muestras fermentadas con *P. ostreatus* durante 10, 20 y 30 días. La capacidad antioxidante en las semillas de quinua sin fermentar: QAS (52.36 mg Equi. Trolox/100g la QRP (45.02 mg Equi.

Trolox/100g) y la QNC (46.89 mg Equi. Trolox/100g); fueron superiores a las muestras fermentadas.

4.1.3 Composición proximal de tres variedades de quinua fermentadas con *Ganoderma lucidum*

La Tabla 2 expone los contenidos de proteínas, carbohidratos, grasa y cenizas. Las investigaciones señalan que la proteína en la quinua oscila entre 11% al 13%. Al día 30 de incubación con *G. lucidum* las proteínas: 26.89% (QAS) 19.26 % (QRP) y 17.06% (QNC) frente a los testigos. Los resultados mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre las tres semillas de color fermentadas con micelio de *P. ostreatus*. La quinua y sus subproductos destacan por sus proteínas, polisacáridos y grasas y micronutrientes como polifenoles, vitaminas y minerales (Repo et al., 2010).

Tabla 3

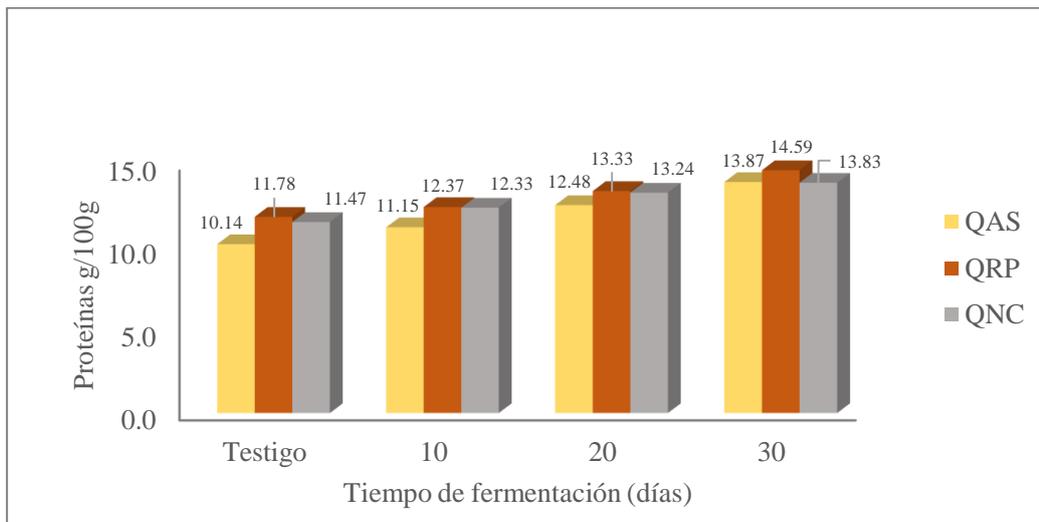
Contenido proximal de tres variedades de quinua testigo y fermentadas con G. lucidum

Composición proximal	Variedad quinua	Sin fermentación Testigo	Tiempo de fermentación con <i>G. lucidum</i> (días)		
			10	20	30
Proteínas (g/100g)	QAS	10.14 ± 0.03 ^{aA}	11.15 ± 0.16 ^{bA}	12.48 ± 0.40 ^{cA}	13.87 ± 0.05 ^{dA}
	QRP	11.78 ± 0.09 ^{aC}	12.37 ± 0.21 ^{bB}	13.33 ± 0.24 ^{cB}	14.59 ± 0.22 ^{dB}
	QNC	11.47 ± 0.06 ^{aB}	12.33 ± 0.18 ^{bB}	13.24 ± 0.24 ^{cAB}	13.83 ± 0.07 ^{dA}
Carbohidratos (g/100g)	QAS	67.17 ± 0.63 ^{cA}	65.65 ± 0.14 ^{bA}	65.43 ± 0.17 ^{bB}	63.04 ± 0.21 ^{aA}
	QRP	67.27 ± 0.43 ^{cA}	66.22 ± 0.85 ^{bcA}	65.18 ± 0.15 ^{bB}	63.01 ± 0.63 ^{aA}
	QNC	66.74 ± 0.07 ^{cA}	66.13 ± 0.38 ^{cA}	64.63 ± 0.26 ^{bA}	63.65 ± 0.22 ^{aA}
Grasas (g/100g)	QAS	5.91 ± 0.04 ^{dC}	4.50 ± 0.18 ^{aB}	4.99 ± 0.02 ^{bB}	5.44 ± 0.11 ^{cB}
	QRP	4.93 ± 0.03 ^{cA}	4.17 ± 0.02 ^{aA}	4.16 ± 0.03 ^{aA}	4.67 ± 0.19 ^{bA}
	QNC	5.51 ± 0.15 ^{b^C}	5.73 ± 0.05 ^{aB}	5.27 ± 0.17 ^{bC}	5.65 ± 0.07 ^{cB}
Cenizas (g/100g)	QAS	2.30 ± 0.01 ^{abC}	2.44 ± 0.24 ^{abA}	2.23 ± 0.06 ^{aA}	2.53 ± 0.00 ^{bA}
	QRP	2.04 ± 0.01 ^{aA}	2.26 ± 0.01 ^{bA}	2.41 ± 0.04 ^{cB}	2.82 ± 0.12 ^{dB}
	QNC	2.14 ± 0.02 ^{aB}	2.38 ± 0.01 ^{bA}	2.47 ± 0.06 ^{bB}	2.74 ± 0.09 ^{cAB}

Nota. Los valores promedio de 3 determinaciones independientes ± error estándar ($p < 0.05$). Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de fermentación y letras diferentes en mayúscula indican diferencia significativa entre tipos de sustrato. QAS: Quinua amarilla Sacaca, QRP: Quinua Roja Pasankalla y QNC: Quinua Negra Collana.

Figura 12

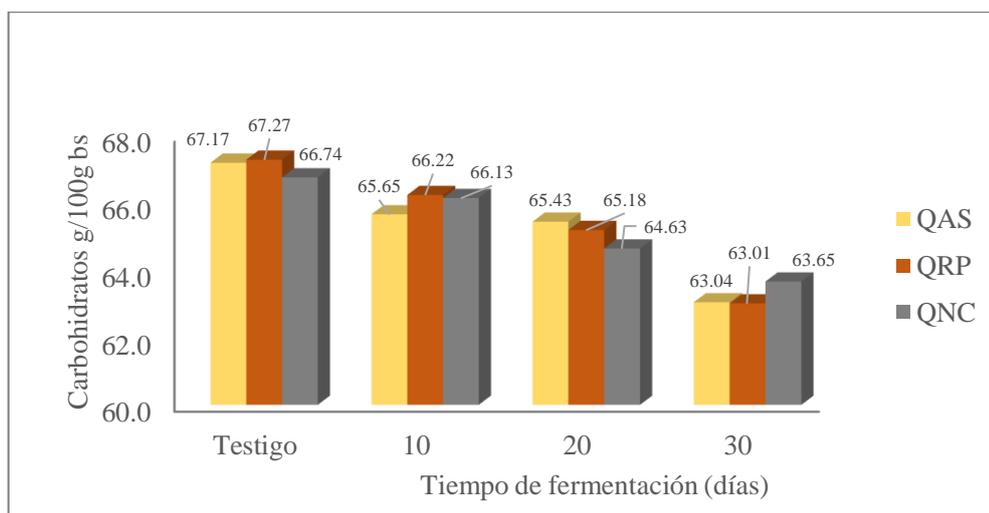
*Contenido de proteínas en tres variedades de quinua fermentada con *G. lucidum**



En la Figura 12 se aprecia el contenido de proteínas en las tres variedades de quinua testigo y muestras fermentadas con micelio del hongo. Los resultados de proteínas en las muestras crudas (sin fermentar) fueron: QAS (10.14 g/100g), QRP (11.78 g/100g) y QNC (11.47 g/100g).

Figura 13

*Contenido de carbohidratos en tres variedades quinua fermentada con *G. lucidum**

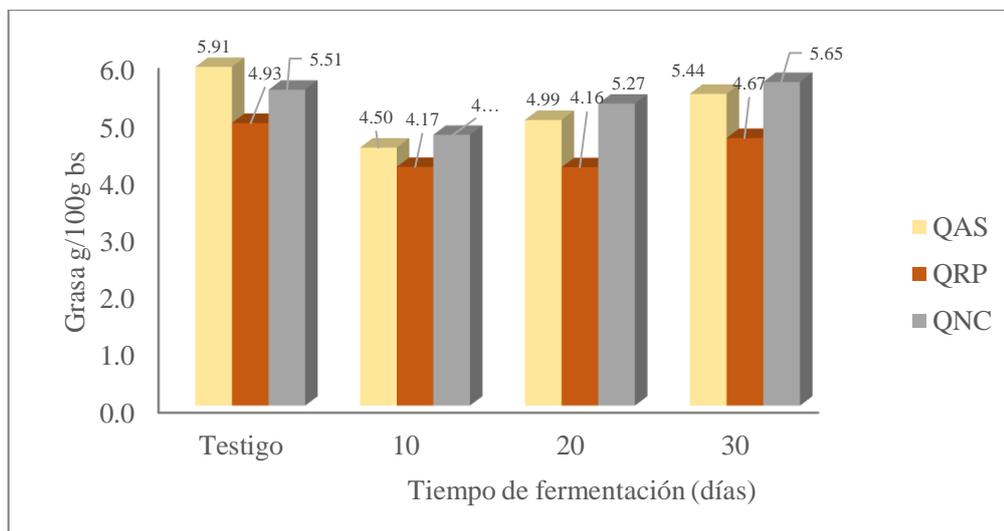


La Figura 13 muestra el contenido de carbohidratos en las tres quinuas de color sin fermentar (testigo) y muestras fermentadas durante 10, 20 y 30 días de incubación con *G. lucidum*. En la QAS, QRP y QRC sin fermentar los carbohidratos totales fueron 67.17g/100g, 67.27g/100g y 66.74g/100g

respectivamente, estos valores se aproximan a los reportes de Sánchez et al., (2023), quienes determinaron 76.7 ± 0.2 g/100 para la quinua blanca y en la quinua negra cruda hallaron 76.6 ± 0.5 g/100g base seca.

Figura 14

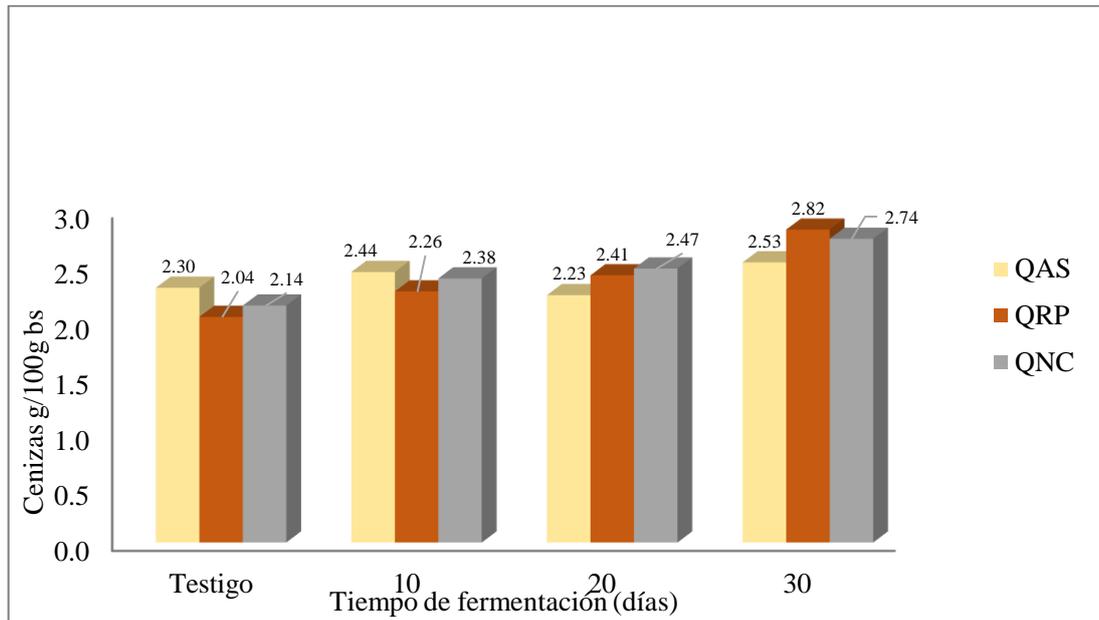
Contenido de grasa en tres variedades quinua fermentada con *G. lucidum*



La grasa total en las tres variedades de quinua cruda y fermentada se muestra en la Tabla 14 la grasa en los tres tipos de semilla fue: QAS (5.91g/100g), QRP (4.93g/100g) y QNC (5.51g/100g), siendo estos valores superiores a las muestras fermentadas durante 10 y 20 días de fermentación con *G. lucidum*, mostrándose un ligero incremento a los 30 días. Con respecto a las grasas, las muestras crudas (testigo) de las tres variedades de quinua mostraron diferencias significativas con respecto a las muestras fermentadas.

Figura 15

*Contenido de ceniza en tres variedades de quinua fermentada con *G. lucidum**



La Figura 15 muestra el contenido de cenizas en muestras crudas y fermentadas con *G. lucidum* en los tres tipos de semilla de quinua, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). El contenido de cenizas en las muestras fluctuó entre 2.04/100g y 2.60g/100g. El contenido de cenizas estimada entre las muestras fermentadas en los tres periodos de tiempo y las muestras testigo no fue significativamente diferente ($P < 0.05$). Estos resultados coinciden con los reportes de Sánchez et al., (2023), quienes evaluaron las cenizas en granos de quinua blanca cruda (2.45 ± 0.02 g/100) y en la quinua blanca fermentada (2.576 ± 0.011 g/100g, la quinua negra cruda (2.999 ± 0.011 g/100g) y en la semilla negra fermentadas hallaron (2.464 ± 0.006 g/100g).

4.1.4 Polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentadas con micelio *G. lucidum*

Tabla 4

Polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentadas con G. lucidum

		<i>Ganoderma lucidum</i>			
Resultado	Variet. quinua	Tiempo de fermentación (días)			
		0 (Testigo)	10	20	30
Polifenoles Totales mg EAG/100g	QAS	98.33 ± 1.11 ^{aC}	101.43 ± 2.81 ^{aA}	109.49 ± 2.87 ^{bA}	119.35 ± 3.16 ^{cA}
	QRP	74.62 ± 2.09 ^{aa}	105.87 ± 2.22 ^{bA}	128.60 ± 2.20 ^{cB}	173.09 ± 6.70 ^{dC}
	QNC	96.15 ± 2.03 ^{cB}	99.70 ± 2.76 ^{aA}	127.13 ± 2.81 ^{bB}	130.54 ± 1.63 ^{bB}
Capacidad Antioxidante mg Equi Trolox/100g	QAS	52.36 ± 0.98 ^{cB}	43.37 ± 0.28 ^{aA}	46.99 ± 0.52 ^{bA}	51.41 ± 1.60 ^{cA}
	QRP	45.02 ± 1.90 ^{aa}	46.13 ± 0.60 ^{aB}	61.28 ± 0.58 ^{bC}	72.34 ± 0.80 ^{cC}
	QNC	46.89 ± 0.54 ^{aa}	50.68 ± 1.02 ^{bC}	51.88 ± 0.98 ^{bB}	55.09 ± 1.12 ^{cB}

Nota. Valores promedio de 3 determinaciones independientes ± error estándar (p<0.05).

Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa durante el periodo de fermentación y letras diferentes en mayúscula indican diferencia significativa entre tipos de sustrato.

En la Tabla 4 se reporta los polifenoles totales en las tres variedades de quinua testigo (muestras sin fermentar) y semillas fermentadas con *Ganoderma lucidum* durante 10, 20 y 30 días de incubación. El contenido de polifenoles totales se incrementó durante la fermentación, mostrándose diferencias significativas entre las tres variedades de quinua, siendo la variedad roja con mayores polifenoles (173.09 ± 6.70 mg EAG/100g), seguido de la negra (130.54 ± 1.63) y la amarilla (119.35 ± 3.16 mg EAG/100g) a los 30 días.

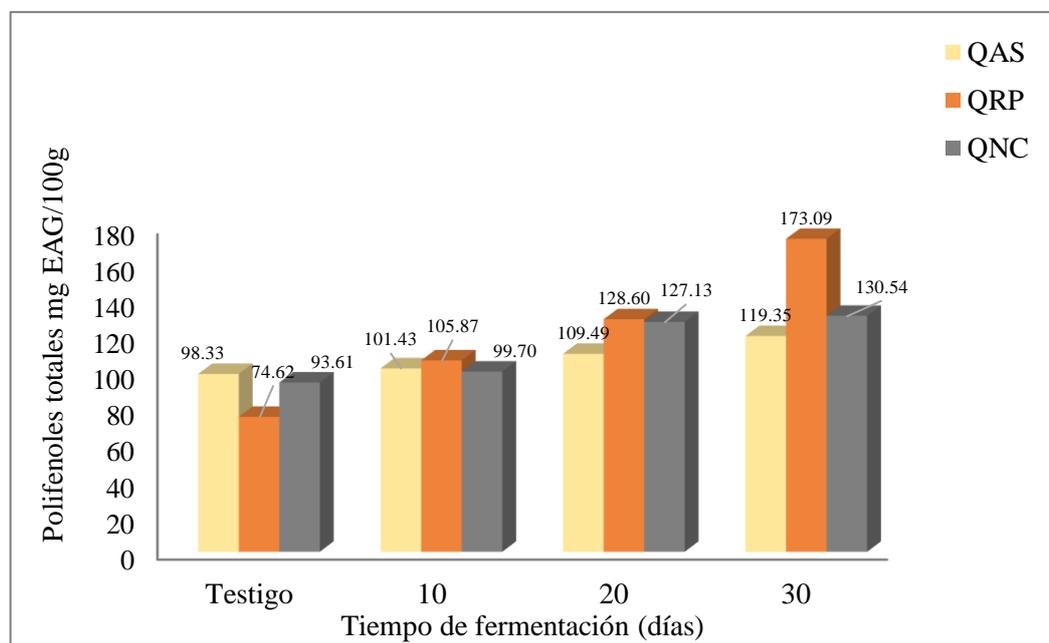
Al respecto los reportes de investigación de Chen et al., (2023), evaluaron en semillas cruda de quinua negra, roja y blanca el contenido de polifenoles totales (571.43±14.29 mg EAG/100g, 350.00±7.14 mg EAG/100g y 67.48±14.29 mg EAG/100g) y la capacidad antioxidante mediante el método DPPH reportaron entre 19.28 ± 1.90, 18.05 ± 1.44 y 9.62 ± 2.00 respectivamente.

Pedrali et al. (2023) menciona que, la cubierta de la semilla de color podría contribuir a la actividad antioxidante por su contenido de flavonoides. La quinua tiene excelente calidad con respecto al contenido de aminoácidos esenciales especialmente lisina, antioxidantes como polifenoles.

Mathew y Abraham (2006) indica que la mayoría de los antioxidantes corresponde a los compuestos polifenólicos con funciones reductores de los radicales libres, como quelantes de metales, extinguen al oxígeno singlete. Las investigaciones demostraron la presencia de al menos 23 compuestos fenólicos en su forma libre y conjugada, entre ellos el ácido vinílico y el ácido ferúlico y sus derivados fueron los principales componentes estos junto con las betacianinas, son conocidos por sus efectos promotores de la salud (Tang et al., 2015).

Figura 16

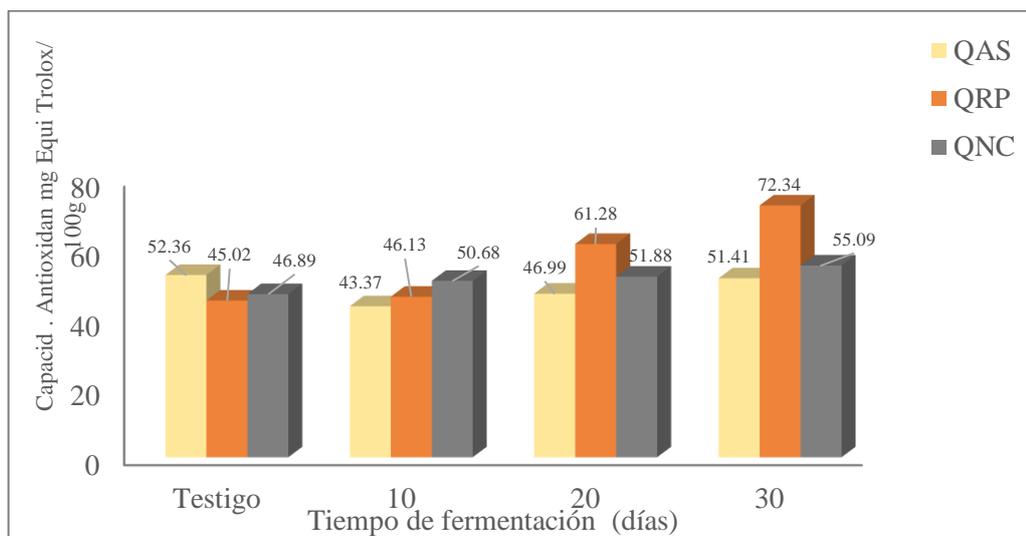
Contenido de polifenoles totales de tres variedades de quinua fermentada con G. lucidum



La Figura 16 resume los polifenoles totales en las tres variedades de quinua sin fermentar (testigo) y semillas fermentadas con *Ganoderma lucidum*. Durante los tres periodos de fermentación la capacidad antioxidante en las semillas se incrementó gradualmente hasta el día 30: QAS (98.33 a 119.35 mg EAG/100g); QRP (74.67 a 173.09 mg EAG/100g) y QNC (93.70 a 130.54 mg EAG/100g). Nuestros resultados demostraron que las semillas de quinua incrementaron la concentración de polifenoles durante los tiempos de incubación. En las muestras testigos el contenido de polifenoles fueron: QAS (98.33mg EAG/100g), QRP (74.67 mg EAG/100g), QNC (93.61 mg EAG/100g). Esto demuestra que la quinua es un super alimento.

Figura 17

Capacidad antioxidante de tres variedades de quinua fermentada con G. lucidum



En la Figura 17 se muestra que las quinuas de color fermentada con *G. lucidum* mostraron mayor capacidad antioxidante, siendo así que en la QRP se incrementó de 45.02 a 72.34 mg Equi Trolox/100g; en la QNC de 46.89 a 55.09 mg Equi Trolox/100g al día 30, los resultados muestran diferencias significativas ($P < 0.05$).

4.2 Discusión

Los resultados demuestran que el contenido de proteínas en las tres variedades de semillas, mejoró significativamente ($P < 0.05$) durante los tres tiempos de incubación con *P. ostreatus*, siendo los 30 días el mejor factor de la síntesis de proteínas. Al respecto, Yang et al. (2013) indica que, el hongo *Pleurotus ostreatus*, crecen a amplias temperaturas y amplia variedad de sustratos. Según Thakur et al. (2021) y Castro et al. (2019) la fermentación mejora la calidad nutricional y sensorial de las materias primas empleadas, así como incrementa la bioaccesibilidad de compuestos bioactivos disminuir la presencia de anti nutrientes. Sánchez et al. (2023) en su investigación desarrolló la fermentación de harina de quinua blanca y negra con *P. ostreatus*, sus resultados revelaron que la harina variedad blanca eran las más adecuada, debido a la mayor producción de biomasa del micelio blanco del hongo, permitiendo que, el contenido de proteínas se incrementará en 2.11% con respecto a la harina cruda.

Asensio et al. (2020) en su investigación desarrolló la fermentación en estado sólido de harina de lenteja (*Lens culinaris*), con el hongo *Pleurotus ostreatus*, el producto

mejoró y contribuyó el incremento de proteínas en un 23%, los polifenoles totales se incrementaron de 210 mg Equiv GAE/100g (lentejas crudas) a 320 mg GAE/100g (fermentadas).

Los resultados en la presente investigación demostraron que, el contenido de proteínas en la quinua amarilla, roja y negra fermentada, son superiores a las muestras testigo, siendo el tiempo uno de los principales factores de crecimiento del micelio de la cepa. Asimismo, Zhai et al. (2015) determinó el contenido de proteínas en siete cereales fermentados con el hongo *Agaricus blazei*. Los resultados variaron durante el tiempo de fermentación de 5 y 30 días. El contenido de proteínas de los siete cereales fermentados de acuerdo a las tasas de incremento fue: 19.01g/100g (trigo), 16.91g/100g (arroz), 15.01g/100g (maíz), 13.21g/100g (sorgo) y 11.00g/100g (avena). Asimismo Sánchez et al. (2022), menciona que *P. ostreatus* es un excelente producto de enzimas hidrolíticas, que durante su desarrollo contribuye a la liberación de compuestos fenólicos conjugados en las paredes celulares. En su investigación emplearon 35g de semillas de quinua y lenteja (harina y entera), previamente esterilizadas en autoclave, los resultados demostraron que el tratamiento térmico a 121°C/ 20 min., permitieron liberar los compuestos fenólicos, debido a que el calor podría promover la alteración de la pared celular vegetal y liberar los polifenoles. El contenido de proteínas se incrementó entre 7% y 26%, la mayor producción de proteínas se encontró en la quinua en un 26%, seguida de la harina de lentejas en 21%.

Espinosa et al. (2017) reportaron que el contenido de proteínas en frejol negro y avena fermentadas *P. ostreatus*, incrementaron de 22.81±0.3 a 25.78±2.35 (frijol negro) y en la avena de 11.78±1.28 a 12.56g/100g en comparación a las muestras crudas.

En las semillas de color (roja y negra) fermentadas a 10 y 20 días con *P. ostreatus*, no muestran diferencia significativa ($P < 0.05$) en la reducción de carbohidratos, esto se podría atribuir algunos factores como la etapa de adaptación del micelio al nuevo sustrato, podrían influir también la estructura de las semillas de color, donde podría presumirse que el microorganismo detiene su metabolismo, al respecto Brandt et al., (2003) señala que, los microorganismos tienden a adaptarse a las nuevas condiciones para sobrevivir, la duración de este período depende de las condiciones de cultivo, el tipo de sustrato, después de esta fase comienza en crecimiento exponencial con el desarrollo de las colonias. De acuerdo a Schilling et al. (2020), los hongos basidiomicetos según su patrón

de degradación, suelen secretar enzimas activas sobre los carbohidratos para romper los enlaces glicosídicos y obtener energía para desarrollar el micelio de color blanco.

Al día 30 de fermentación con *P. ostreatus* los carbohidratos en las muestras de QAS se redujo en 8.52%, en la QRP en 6.07% y la QNC en 5.09%, con respecto al testigo. Este descenso de carbohidratos durante los tres periodos de incubación, es característico de los hongos, muchas especies emplean como sustrato el almidón y la lignocelulosa para desarrollarse. Hur et al. (2014), asevera que la fermentación, es un proceso que permite la degradación y sensibilización estructural de las paredes celulares de las plantas, con la liberación y síntesis de diversos componentes antioxidantes. Está demostrado que la fermentación induce la degradación estructural de los componentes del grano, principalmente la celulosa de las paredes celulares, lo que conlleva a la liberación o síntesis de compuestos bioactivos (Katina et al., 2007). En este proceso de degradación participan enzimas fúngicas como las amilasas, xilanasas y proteasa maquinaria necesaria durante el metabolismo (Lin y Chou, 2009). Algunas cepas de hongos no pueden ser buenas fuentes enzimáticas para la liberación y síntesis de compuestos fenólicos.

Esto demuestra que el micelio del hongo degradó los carbohidratos para formar su estructura y producir sus metabolitos secundarios. Respecto a esto, Han (2003) demostró que la fermentación en estado sólido con el basidiomiceto *Hericiium erinaceum* en harina de maíz enriquecida con 15% de harina de soja permitió, una degradación del 52% del almidón, después de 25 días de incubación a 25°C, el contenido de almidón disminuyó de 63% al 22%, y el contenido de proteínas se incrementó del 12% al 17% ($P < 0.05$). Demostró, asimismo, que, el hongo es capaz de producir α -amilasa responsable del catabolismo del almidón, alcanzando su máximo valor a los 20 días de incubación de 179 U/g. Los hongos se caracterizan por sintetizar una variedad de enzimas que le permiten hidrolizar el almidón a azúcares fermentables. Los carbohidratos son considerados una excelente fuente de energía para el crecimiento del micelio del hongo y a la vez para la síntesis de otros metabolitos como las proteínas, péptidos y aminoácidos libres (Asensio et al., 2020). La biotransformación del sustrato por *P. ostreatus* depende de la capacidad fisiológica para secretar las enzimas oxidativas e hidrolíticas.

Nuestros resultados con respecto a la grasa en quinua coinciden, con los reportes de Koziol (1992) en las tres semillas de quinua el contenido de grasa varía entre 5.0 a 7.2 g/100g, estas fluctuaciones puede deberse a factores como la variedad de quinua, el

suelo, clima y otros factores. El contenido de ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico varía entre 46.69 y el 58.10% y el ácido alfa linolénico es relativamente más bajo entre el 6.10 y 8.44% en los granos de quinua. (Tang et al., 2015)

Muchos autores señalan que algunas especies de hongos basidiomicetos no son buenos productores de grasa, por el contrario, tienen bajos niveles de grasas. Li et al. (2016) en su investigación determinó que la fermentación en estado sólido de residuos de soya con *Morchella esculenta*, los niveles de grasa disminuyeron significativamente, probablemente podrían degradarse y transformarse en polisacáridos y otras sustancias de cadena corta. Nuestros resultados coincidieron con las investigaciones de Pellegrini et al. (2018) quienes determinaron el contenido de grasa en variedad blanca peruana (WPQ), variedad blanca boliviana (WBQ), variedad roja boliviana (RBQ) y quinua negra real boliviana (BBQ), (5.20 g/100g, 4.87 g/100g, 6.48 g/100g y 5.31 g/100g) respectivamente.

Las cenizas entre los tres tipos de semilla oscilan entre 2.04/100g y 2.60g/100g, siendo estos cercanos a los resultados de Sánchez et al. (2023) quienes, determinaron cenizas en quinua blanca cruda (2.45±0.02 g/100) y quinua blanca fermentada (2.576±0.011g/100g, las cenizas en la quinua negra cruda (2.999±0.011g/100g) y en las fermentadas (2.464±0.006g/100g). Angeli et al. (2020), determinaron que, el contenido de cenizas en granos de quinua, con fluctuaciones entre 2.4 y el 4.8%. Asimismo, Koziol, (1992) evaluó el perfil de minerales de la quinua hallando un alto contenido de calcio (148.7 mg/100g), magnesio (249.6 mg/100g), fósforo (383.7 mg/100g), hierro (13.2mg/100g), potasio (926.7mg/100g) y zinc (4.4mg/100g).

Según la Tabla 1 las semillas amarillas fermentadas entre 20 y 30 días se mostró diferencias significativas, por el contrario, no mostraron diferencias significativas entre el día 10 y muestras crudas. La semilla de color rojas cruda no presentaron diferencias estadísticamente significativas con las muestras fermentadas durante 10 y 20 días, mostrando un ligero incremento al día 30.

Con respecto a las semillas fermentadas con la especie *P. ostreatus*, los polifenoles totales se redujeron con el transcurso del tiempo incubación, reduciéndose gradualmente en la QAS (98.33 a 39.04 mg EAG/100g), en la QRP (74.62 a 28.89 mg EAG/100g) y en la QNC (96.13 a 55.52 mg EAG/100g), al respecto este descenso de los polifenoles totales podría atribuirse en primer lugar al metabolismo del hongo, a factores intrínseco y

factores externos. Veljović et al. (2017) menciona que el contenido fenólico depende fuertemente del tiempo de extracción, el tamaño de partículas, el método de extracción y del tamaño de partícula y la temperatura y el tiempo de secado de las muestras. Con estos resultados demostramos que, el contenido de polifenoles en los tres colores de quinua con *P. ostreatus*, fueron menores al testigo y mucho menor a las muestras fermentadas con *G. lucidum*.

Gebru y Sbhatu (2020) quienes, determinaron el efecto de la fermentación en estado sólido de semillas blancas y marrones del teff (*Eragrostis tef* Zucc.) un cereal básico en la alimentación de los pobladores en Etiopía. Las semillas fueron fermentadas con *P. ostreatus* y *G. lucidum*, con la finalidad de evaluar los cambios en el contenido de compuestos fenólicos y actividades antioxidantes. Los compuestos fenólicos con *Ganoderma lucidum* en el teff marrón fue (214.43±2.61mg GAE/100g) y en teff blanco (126.22 ± 11.68 mg GAE/100g); el teff marrón con *P. ostreatus* (83.84±0.00 mg GAE/100g) y el teff blanco (74.90 ± 0.047 mg GAE/100g); estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a las muestras fermentadas con *P. ostreatus* y con respecto a las muestras crudas (control); las actividades antioxidantes disminuyeron significativamente en ambos granos, si bien los resultados del contenido total de fenoles mostraron aumento su contribución en la actividad antioxidante es insignificante debido a que en el teff predominan los flavonoides.

Kariluoto et al. (2006) señalan que el tipo especie microbiana empleada en el proceso de incubación para la fermentación, tiene una gran influencia en la producción de compuestos fenólicos. Según Dulf et al. (2018) sostiene que las disminución de compuestos fenólicos podrían, deberse a la degradación o polimerización enzimática de los fenólicos libres, sintetizados y liberados por las cepas fúngicas durante la fermentación. Algunos estudios recientes informaron que la fermentación fúngica puede causar degradación y polimerización de compuestos fenólicos en etapas posteriores a los procesos de fermentación (Zambrano et al., 2018).

Nuestra investigación se realizó hasta los 30 días de fermentación, es sabido que el tiempo es un parámetro cinético importante para la óptima síntesis enzimática y este factor puede afectar la transformación y producción de metabolitos secundarios. Por lo que sería necesario ampliar el tiempo de fermentación de las semillas. En nuestra investigación, los análisis de las muestras se realizaron a los 10, 20 y 30 días. Con respecto

a los cambios en la capacidad antioxidante podría atribuirse a muchos factores como el tiempo de conservación de las muestras previo a su análisis, el tratamiento térmico prolongado, la molienda y entre otras condiciones que pueden afectar la capacidad antioxidante. En nuestra investigación los granos de quinua sin fermentar fueron relativamente mejores que en las semillas fermentadas con el hongo *Pleurotus ostreatus*. Por lo que la quinua es considerada como un alimento rico en antioxidantes al respecto Repo et al. (2010) concluyen que los polifenoles totales en la quinua, oscilaron de 16.8 a 59.7 mg /100g. Estos son metabolitos bioactivos de los vegetales, entre los más predominantes se tiene a los flavonoides, a los ácidos fenólicos y taninos, siendo estos potentes antioxidantes. En las muestras fermentadas por 10 días la capacidad antioxidante desciende, a los 20 días se volvió a incrementar en la QAS, QRP y QRC (33.73, 47.51 y 52.00 mg Equi. Trolox/100g) al día 30 de incubación la capacidad antioxidante volvió a descender.

Dini et al. (2010) determinó mediante el método DPPH la actividad antioxidante en la quinua amarga y dulce (28.7 ± 2.1 y 67.1 ± 6.1 Equi Trolox/100g) y la capacidad antioxidante en muestras hervidas durante 20 minutos, en estas condiciones en las semillas dulces disminuyeron a 12.7 ± 2.2 y en las semillas amargas a 47.7 ± 2.2 Equi Trolox/100g), demostrándose que la cocción provocó la pérdida significativa de la capacidad antioxidante.

Ćilerdžić et al. (2014) señalan que los compuestos fenólicos brindan mayores aportes a la actividad antioxidante de los alimentos Asimismo, Hur et al. (2014) informa que la fermentación puede incrementar o reducir el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de las semillas, esta característica va a depender de la especie fúngica empleada. El efecto y el grado de influencia depende del microorganismo y el sustrato. El tiempos de secado a temperaturas bajas o temperatura de secado elevados y tiempo prolongado pueden promover una disminución de la actividad antioxidante (Garau et al., 2007).

Han et al. (2019) investigó los cambios de los polifenoles y actividad antioxidante en semillas de quinua durante el proceso de molienda, demostraron que el contenido de polifenoles y flavonoides disminuyeron en un 31.5% y 41.4%, respectivamente las actividades antioxidantes por el método FRAP y ORAC también disminuyeron en un 39.6% y un 40.7% respectivamente.

Sánchez et al. (2022) mencionan que la actividad antioxidante por el método ABTS, de la lentejas y quinua fermentada con *P. ostreatus* durante 14 días, disminuyeron con el transcurso de tiempo; observaron mayores pérdidas de actividad antioxidante en las lentejas que, en la quinua, disminuyendo de 430.7 ± 0.006 mg trolox/100g (lenteja cruda) a 166.0 ± 0.05 (lenteja fermentada); y de 281 ± 0.04 mg trolox/100g (quinua cruda) a 216 ± 0.06 mg trolox/100g.

Los compuestos fenólicos consiste de una diversidad de componentes, con propiedades antioxidantes cuyo rango puede ser entre 167.2 a 308.3 mg equivalente de AG/100 g de peso seco (Han et al., 2019). En cuanto a polifenoles totales las semillas de quinua negra mostraron resultados de 518mg GA eq./100g (Tang et al., 2015).

Según Miles y Chang (2004) la humedad adecuada en el sustrato deber estar en un rango de 50% y 75%, permitiendo el crecimiento adecuado del micelio de *P. ostreatus*, de manera similar Ryu et al. (2015) también cultivaron *P. eryngii* donde la humedad del sustrato estuvo entre 65% y 68%, una humedad superiores al 70% hace posible el desarrollo de otros mohos contaminantes.

Sánchez et al. (2023) demostraron la fermentación en estado sólido de harina de quinua blanca y negra con *P. ostreatus*. La composición proximal en la variedad blanca fue la más adecuada, con respecto a la biomasa fúngica, el contenido de proteínas se incrementó en 2.11%, los polifenoles totales y la actividad antioxidante se redujo especialmente en la variedad negra.

El contenido de proteínas en la quinua es considerable, básicamente es importante en aminoácidos esenciales, al respecto Ayasan (2020) señala las proteínas de quinua pueden variar debido a las condiciones de cultivo. Si el suelo es rico en nitrógeno, la planta sintetizará más proteínas, lo que significa que la quinua de diferentes lugares de origen puede tener diferentes cualidades nutricionales. Miranda et al. (2012) indica que la composición nutricional de la quinua está influenciada por diferentes factores ambientales, principalmente las áreas de cultivo. El contenido de proteínas hallados en nuestra investigación se aproximan a los resultados de Repo et al. (2010) quienes reportaron que las semillas de la variedad Pasankalla INIA 415, las proteínas fueron 12.69 ± 0.06 g/100g), los carbohidratos 67.00 g/100g, las grasa 6.85 ± 0.10 g/100g y las cenizas 2.49 ± 0.00 g/100g.

A los 30 días de fermentación con *G. lucidum* en las tres variedades de quinua se incrementaron en: QAS (13.87 g/100g), QRP (14.59 g/100g) y QNC (13.83 g/100g); este incremento en orden de prelación se dio en 26.89%, 19.26% y 17.06% con respecto a las muestras sin fermentar. Entre las tres semillas sin fermentar (testigos) también mostraron diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$). Al respecto muchas investigaciones concluyen que los hongos basidiomicetos degradan sustratos para sintetizar sus metabolitos secundarios para crecer. Canlı et al. (2021) indica que la fermentación microbiana puede mejorar el sabor de los cereales, por su parte, Batista et al. (2020) también informa que, los hongos pueden cambiar el contenido y composición de almidón, debido a su maquinaria y diversidad enzimática. Esos tienen un potencial para mejorar el valor nutricional y la digestibilidad de los cereales (Asensio et al., 2020).

Las proteínas del hongo *G. lucidum*, exhiben la mayoría de aminoácidos esenciales, como la leucina y lisina, contiene bajo cantidad de grasa total y alta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (Sang et al., 2021; Fujita et al., 2005).

En todas las muestras fermentadas el contenido de carbohidratos disminuyó durante los tres tiempos de fermentación es decir a mayor tiempo de fermentación, mayor reducción de carbohidratos, pero, en las tres muestras sin fermentar el contenido de carbohidratos no mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) al compararlas.

En las tres semillas de color de quinua, fermentadas con *G. lucidum* sufrieron mayor disminución al día 30; siendo el porcentaje de reducción de la QAS en 6.15%, la QRP en 6.33% y la QNC se redujo en 4.63% con respecto al testigo. Los hongos emplean sustratos como fuente de energía para desarrollarse, siendo la quinua un producto rico en almidón, para el crecimiento del micelio. Jacobsen y Stølen (1993) señalan que la estructura central de la quinua se denomina perispermo, y este es rico en almidón. Por otro lado Prego et al. (1998) menciona que las semillas de la quinua presenta tres zonas bien definidas, un perispermo en la parte central abundante en gránulos de almidón, cubierta de un embrión y el endospermo constituido por una a dos capas de células a las semillas.

Durante la fermentación, los microorganismos producen una gran diversidad de enzimas, básicamente la glucósido hidrolasa, enzima responsable de degradan celulosa y el xilano, también producen la enzima esterasa que provoca el ablandamiento de la estructura del grano así como, las paredes de las células vegetales en los cereales (Hur et

al., 2014a). Muchas fuentes de autores señalan que los hongos basidiomicetos sintetizan enzimas responsables de la degradación de las capas de celulosa del endospermo y la reserva del almidón del perispermo, con el objetivo de obtener la energía y metabolitos primarios necesarios para las síntesis principalmente de proteínas y otros metabolitos secundarios.

Según Han et al. (2005) en su investigación sobre la capacidad del basidiomiceto *Ganoderma lucidum* para degradar el almidón de harina de maíz con suplementos de nitrógeno, durante 20 días, demostraron que durante la fermentación entre 10 y 20 días aumento significativamente de tasa de degradación del almidón, el contenido del almidón fermentado disminuyó de 64.5% a 25.3%, también se incrementó de manera significativa ($P < 0.05$) las proteínas de 11.0% a 16.5%, en la harina de maíz suplementada con extracto de levadura, explica que la actividad de la α -amilasa de *G. lucidum* está relacionado con la degradación del almidón.

Las semillas de quinua están compuestas principalmente por ácidos saturados y ácidos grasos poliinsaturados entre 81.80 a 89.62%. Estos resultados concuerda con Vega et al., (2010) quienes mencionan que la grasa en la quinua oscila entre 5 y 8%. Harina de maíz fermentada con *G. lucidum*, según Han et al. (2005) desarrollaron particularmente la fermentación en fase sólida con micelio de este hongo. Los resultados mostraron que el contenido de grasa en la muestra control fue superior (10.0g/100g) a la muestra fermentada (8.0g/100g). Al respecto, Li et al. (2016) en la fermentación en fase sólida de desechos de soya con *Morchella esculenta*, los niveles de grasa disminuyeron significativamente, debido probablemente a su degradación en polisacáridos y otros compuestos de bajo peso molecular.

El contenido de cenizas en la quinua según Angeli et al. (2020) puede fluctuar entre el 2.4 y el 4.8%. Los reportes son similares a los resultados de Pedrali et al. (2023) los carbohidratos y cenizas en quinua Negra Andes fueron (57.2 ± 4.7 y 2.8 ± 0.4 g/100g) y en la quinua Roja Pasankalla Andes los carbohidratos y cenizas con (75.9 ± 2.4 y 2.3 ± 0.4 g/100g). Estos valores podrían deberse a diferentes factores como el clima, calidad del suelo, la biodisponibilidad de nitrógeno, disponibilidad de materia orgánica y los factores biológicos de campo. Los hongos pueden considerarse fuentes importante de K, P, Cu y Zn, siendo estos esenciales para el cuerpo humano y actúan como reguladores y/o cofactores de muchas enzimas, el contenido de minerales probablemente refleja la

composición del sustrato en los diferentes semillas de quinua (Gucia et al., 2012; Singh y Singh, 2012). Li et al. (2016) desarrollaron la fermentación en estado sólido de residuos de cuajada soya con *Morchella esculenta*, sus resultados no demostraron ningún cambio en el contenido de cenizas entre las muestras fermentadas y muestras no fermentadas.

El contenido de polifenoles totales en las semillas de quinua son elevados con respecto a otros granos, al respecto las investigaciones indican que la quinua se caracterizan por su alto valor nutricional, en proteínas, lípidos, carbohidratos, polifenoles y fibra (Vilcacundo y Hernández, 2017; Pellegrini et al., 2018; Vega et al., 2010; Jaikishun et al., 2019). Repo et al. (2010) analizaron polifenoles totales en diferentes variedades de quinua, en la quinua Ccoito (35.6 ± 0.4 mg GAE/100g), en INIA-415 Pasankalla roja (59.7 ± 0.5 mg GAE/100g), en la roja Coporaque (32.1 ± 1.0 mg GAE/100g), en Salcedo INIA (38.4 ± 1.5 mg GAE/100g), en la variedad Huaripongo (31.4 ± 0.2 mg GAE/100g), concluyendo que estos granos andinos contenían niveles más bajos de ácidos fenólicos que el trigo y centeno.

También es necesario resaltar que las tres variedades de quinua presentaron contenidos resaltantes de polifenoles. La quinua a comparación que los cereales contiene altos niveles de compuestos fenólicos, entre ellos los ácidos fenólicos, vinílico y ferúlico (Starzynska-Janiszewska et al., 2017). La principal diferencia entre las semillas de quinua de color está relacionada con las betalaínas con importantes actividades antioxidantes, más que, el contenido de compuesto fenólicos (Ballester et al., 2019).

Con respecto a los polifenoles en diferentes semillas fermentadas con *Ganoderma lucidum*, muchos autores como Yang Li et al. (2023) explican que *G. lucidum* durante el desarrollo de su micelio puede transformar nutrientes a través de su actividad metabólica y producir sustancias bioactivas como compuestos fenólicos, flavonoides, terpenoides, péptidos, proteínas, aminoácidos y vitaminas.

Han et al. (2005) señala también que, la fermentación con *Ganoderma lucidum*, podría mejorar significativamente las características de los granos de trigo integral e incrementar sus componentes bioactivos como compuestos fenólicos, polisacáridos y triterpenos con alta capacidad antioxidante. Asimismo, Xu et al. (2019) reportan que, la fermentación de la quinua, con tres especies de hongos (*Agaricus bisporus*, *Helvella lacunosa* y *Fomitiporia yanbeiensis*) durante 35 días, demostraron que el contenido de

proteínas se incrementó en 2.34% y los fenólicos totales alcanzaron su valor máximo a 138mg/100g con el hongo *A. bisporus* con respecto al control (quinua no fermentada).

Gebu y Sbhatu (2020) investigaron el efecto de la fermentación con dos especies fúngicas de semillas blancas y marrones del teff (*Eragrostis tef* Zucc.) un cereal básico en la alimentación de los pobladores de Etiopía. En las semillas fermentada con *P. ostreatus* y *G. lucidum*, se observaron los cambios en el contenido de compuestos fenólicos y actividades antioxidantes. En el teff marrón con *Ganoderma lucidum* los compuestos fenólicos (214.43 ± 2.61 mg GAE/100g) y en teff blanco (126.22 ± 11.68 mg GAE/100g); el teff marrón con *P. ostreatus* (83.84 ± 0.00 mg GAE/100g) y el teff blanco (74.90 ± 0.047 mg GAE/100g); estos resultados mostraron valores estadísticamente significativos frente a la fermentación con *P. ostreatus* y el control. Dini et al., (2010), se determinaron los compuestos fenólicos totales por el método Folin-Ciocalteu en semillas precocidas de quinua amarga y dulce. En la investigación los polifenoles totales en semilla amarga contenían una mayor cantidad (86.4mg/EAG/100g), que la quinua dulce (77.2 ± 16.7 mg EAG/100g). Las muestras tratadas térmicamente, revelaron una disminución significativa del contenido de polifenoles totales en la quinua amarga 59.4 ± 23.0 mg EAG/100g y la quinua dulce con 28.7 ± 2.8 mg EAG/100g.

Con respecto a la capacidad antioxidante en muestras fermentadas con *G. lucidum*, la variable tiempo y el tipo de sustrato fueron factores clave en la variable respuesta. Al respecto se puede atribuir que *G. lucidum* se caracteriza por excelente capacidad de producción de sustancias biológicamente activos entre ellos polisacáridos (β -glucano y manitol), péptidos, polifenoles, triterpenos (ácido ganodérico) proteínas esteroides, nucleótidos, lectinas con propiedades inmunomoduladores, antitumorales, antioxidante, antifúngicas, antibacteriana, hepatoprotectores, hipoglicémicos (Lu et al., 2020; Sharma et al., 2019). Es una especie ampliamente estudiada por sus metabolitos secundarios y actividades biológicas (Ahmad, 2018; Baby et al., 2015).

Asimismo, Kozarski et al. (2011) resaltan las propiedades beneficiosas de *G. lucidum* en la salud, debido a la diversidad de sus componentes bioactivos como los polifenoles, polisacáridos, triterpenos y proteínas. Su actividad eliminadora de radicales parece estar relacionada con la producción de la enzima superóxido dismutasa, responsable de la dismutación del anión superóxido, la catalasa (CAT) que escinde el peróxido de hidrógeno y glutatión peroxidasa, que mantiene los niveles de glutatión en



forma reducida (Heleno et al., 2012). *G. lucidum*, tiene una fuente importante de compuestos bioactivos con capacidades antioxidantes de eliminación de radicales DPPH durante el transcurso del tiempo de incubación. Sharma et al. (2019) menciona que *G. lucidum* es un hongo medicinal, considerado como una fuente potencial de muchos productos terapéutico de gran importancia en la salud, sintetiza una amplia variedad de metabolitos secundario como polifenoles, polisacáridos (β -glucanos, manitol) y triterpenos, tanto en el micelio y cuerpo fructífero del hongo, con efectos antioxidantes (Benzie y Wachtel, 2011).

CONCLUSIONES

- PRIMERO:** Esta investigación concluye que, la fermentación con micelio de *Pleurotus ostreatus* de las tres semillas (amarilla, roja y negra), provocaron cambios significativos, con respecto al contenido de proteínas, estas se incrementaron a los 30 días en 35.41%, 18.57% y 17.60%, frente a las muestras sin fermentar. Los carbohidratos en las tres variedades de quinua disminuyeron significativamente hasta día 30. El contenido de grasas en las tres semillas sin fermentar (testigo) fueron los más altas (5.91, 4.93 y 5.51g/100g), con respecto a las muestras fermentadas, las cenizas no presentaron cambios significativos durante la fermentación. Los polifenoles totales (mg.EAG/100g) en las muestras sin fermentar fueron 98.33 (amarilla), 74.62 (roja) y 96.15 (negra) y la capacidad antioxidante (mg Equi. Trolox/100g), 52.36 (amarilla), 45.02 (roja) y 46.89 (negra) fueron superiores a las muestras fermentadas durante 10, 20 y 30 días.
- SEGUNDO:** La fermentación de las tres semillas con micelio de *Ganoderma lucidum*, provocaron el incremento de proteínas al día 30 en 26.89% (amarilla), 19.26% (roja) y 17.06% (negra), estos valores son superiores a las muestras sin fermentar. Los carbohidratos se redujeron significativa ($P < 0.05$) con el transcurso del tiempo de incubación, las grasas y cenizas no mostraron cambios significativos durante la fermentación. Los polifenoles totales se incrementaron durante la fermentación siendo la variedad roja con mayores polifenoles (173.09 ± 6.70 mg EAG/100g), seguido de la negra (130.54 ± 1.63) y la amarilla (119.35 ± 3.16 mg EAG/100g) a los 30 días. La mayor capacidad antioxidante (mg Equi Trolox/100g) presentó la semilla roja 72.34 y la negra 55.09. Al respecto se puede atribuir que *G. lucidum* se caracteriza por excelente capacidad antioxidante y producción de polifenoles.



RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar fermentaciones con estas dos especies de hongos en otras variedades de semillas de quinua, procedente de otras regiones del país.
- Se recomienda realizar las fermentaciones a mayor tiempo de incubación con respecto a la presente investigación.
- Se debe evaluar el perfil de aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados en los productos fermentados.
- En futuras investigaciones deberían evaluarse la relación de los compuestos bioactivos como los polifenoles, flavonoides, carotenoides con la capacidad antioxidante en los productos fermentados.
- Este producto fermentado se debería considerar como sustituto parcial en la formulación de otros productos alimenticios.
- Realizar estudios de digestibilidad in vitro con las semillas fermentadas

BIBLIOGRAFÍA

- Abu, O. A., Tewe, O. O., Losel, D. M., y Onifade, A. A. (2000). Changes in lipid, fatty acids and protein composition of sweet potato (*Ipomoea batatas*) after solid-state fungal fermentation. *Bioresource Technology*, 72, 189±192. [https://doi.org/DOI:10.1016/S0960-8524\(99\)90102-5](https://doi.org/DOI:10.1016/S0960-8524(99)90102-5)
- Acosta Estrada, B. A., Villela Castrejón, J., Perez Carrillo, E., Gómez Sánchez, C. E., y Gutiérrez Uribe, J. A. (2019). Effects of solid-state fungi fermentation on phenolic content, antioxidant properties and fiber composition of lime cooked maize by-product (nejayote). *Journal of Cereal Science*, 90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102837>
- Adebo, O. A., y Gabriela Medina-Meza, I. (2020). Impact of Fermentation on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Whole Cereal Grains: A Mini Review. *Molecules*, 25(4), 927. <https://doi.org/10.3390/molecules25040927>
- Aellen, P., y 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>
- Ahmad, M. F. (2018). *Ganoderma lucidum*: Persuasive biologically active constituents and their health endorsement. *Biomedicine y Pharmacotherapy*, 107, 507–519.
- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönniger, S., y Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- Asensio-Grau, A., Calvo-Lerma, J., Heredia, A., y Andrés, A. (2020). Enhancing the nutritional profile and digestibility of lentil flour by solid state fermentation with *Pleurotus ostreatus*. *Food y Function*, 11(9), 7905–7912. <https://doi.org/10.1039/D0FO01527J>
- Ayasan, T. (2020). Determination of nutritional value of some quinoa varieties. *TURKISH JOURNAL OF VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES*, 44(4), 950–954. <https://doi.org/10.3906/vet-2003-53>

- Baars, J. (2017). Fungi as Food. In I. John Wiley y Sons (Ed.), *Fungi* (Third Edit, pp. 147–168). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119374312.ch6>
- Baars, J. J. P. (2000). Official methods of Analysis. *Association of Official Analytical Chemists*.
- Baby, S., Johnson, A. J., y Govindan, B. (2015). Secondary metabolites from Ganoderma. *Phytochemistry*, 114(0), 66–101.
- Ballester-Sánchez, J., Gil, J. V., Haros, C. M., y Fernández-Espinar, M. T. (2019). Effect of Incorporating White, Red or Black Quinoa Flours on Free and Bound Polyphenol Content, Antioxidant Activity and Colour of Bread. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(2), 185–191. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00718-w>
- Behall, K. M., Scholfield, D. J., y Hallfrisch, J. (2004). Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(5), 1185–1193. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1185>
- Bei, Q., Liu, Y., Wang, L., Chen, G., y Wu, Z. (2017). Improving free, conjugated, and bound phenolic fractions in fermented oats (*Avena sativa* L.) with *Monascus anka* and their antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 32, 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.028>
- Benzie, I. F. F., y Wachtel-Galor, S. (2011). *Herbal medicine: biomolecular and clinical aspects*. <https://www.routledge.com/Herbal-Medicine-Biomolecular-and-Clinical-Aspects-Second-Edition/Benzie-Wachtel-Galor/p/book/9781439807132>
- Bilal, M., Asgher, M. M., Iqbal, H. M. N., Hu, H., y Zhang, X. (2017). Biotransformation of lignocellulosic materials into value-added products—A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 447–458.
- Brandt, B. W., van Leeuwen, I. M. M., y Kooijman, S. A. L. M. (2003). A general model for multiple substrate biodegradation. Application to co-metabolism of structurally non-analogous compounds. *Water Research*, 37(20), 4843–4854. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.08.006>
- Canjun, L., Yiming, L., y Hao H, S. (2007). Complete Mitochondrial Genome of the

- Medicinal Mushroom *Ganoderma lucidum*. *BIOLOGY y LIFE SCIENCES*, 20(11), 985–991.
- Canlı, M., Çelik, E. E., Kocadağlı, T., Kanmaz, E. Ö., y Gökmen, V. (2021). Formation of Bioactive Tyrosine Derivatives during Sprouting and Fermenting of Selected Whole Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(42), 12517–12526. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05064>
- Castro-Alba, V., Lazarte, C. E., Perez-Rea, D., Carlsson, N., Almgren, A., Bergenståhl, B., y Granfeldt, Y. (2019). Fermentation of pseudocereals quinoa, canihua, and amaranth to improve mineral accessibility through degradation of phytate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(11), 5239–5248. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9793>
- Castro Pérez, G. M., Moreano Carrasco, S., Coacalla Castillo, C. E., y Taipe Carrasco, C. (2023). Capacidad antioxidante de *Lentinula edodes* Berk en fermentación fase sólida de granos *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Alfa*, 7(20 SE-GENERAL), 288–298. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.215>
- Chang, C.-H., Lin, H.-Y., Chang, C.-Y., y Liu, Y.-C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 478–485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061>
- Cheigh, H. S., y Park, K. Y. (1994). Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(2), 175–203. <https://doi.org/10.1080/10408399409527656>
- Chen, X., Zhang, Y., Cao, B., Wei, X., Shen, Z., y Su, N. (2023). Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed varieties. *Food Chemistry: X*, 19, 100808. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100808>
- Chouhan, S., Sharma, K., y 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>

- Ćilerdžić, J., Vukojević, J., Stajić, M., Stanojković, T., y Glamočlija, J. (2014). Biological activity of *Ganoderma lucidum* basidiocarps cultivated on alternative and commercial substrate. *Journal of Ethnopharmacology*, 155(1), 312–319. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.036>
- Cohen, L. Persky, Y. Hadar, R. (2002). Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 58(5), 582–594. <https://doi.org/10.1007/s00253-002-0930-y>
- Collazos, C., Alvistu, E., Vásquez, J., Quiroz, A., Herrera, N., y Roble, N. (1996). *TABLAS PERUANAS DE COMPOSICION DE ALIMENTOS*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1652.pdf>
- Dimaria, S. A., Schwartz, H., Icard-Vernière, C., Picq, C., Zagre, N. M., y Mouquet-Rivier, C. (2018). Adequacy of Some Locally Produced Complementary Foods Marketed in Benin, Burkina Faso, Ghana, and Senegal. *Nutrients*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/nu10060785>
- Dini, I., Tenore, G. C., y Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 447–451. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.010>
- Dulf, F. V., Vodnar, D. C., Dulf, E.-H., Diaconeasa, Z., y Socaciu, C. (2018). Liberation and recovery of phenolic antioxidants and lipids in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) pomace by solid-state bioprocessing using *Aspergillus niger* and *Rhizopus oligosporus* strains. *LWT*, 87, 241–249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.084>
- Eliopoulos, C., Arapoglou, D., Chorianopoulos, N., Markou, G., y Haroutounian, S. A. (2022). Conversion of brewers' spent grain into proteinaceous animal feed using solid state fermentation. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(20), 29562–29569. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15495-w>
- ENDES. (2020). *Apurímac, Encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES 2020*. <https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2020/departamentales/Endes03/pdf/Apurima>

c.pdf

- Espinosa-Páez, E., Alanis-Guzmán, M. G., Hernández-Luna, C. E., Báez-González, J. G., Amaya-Guerra, C. A., y Andrés-Grau, A. M. (2017). Increasing Antioxidant Activity and Protein Digestibility in *Phaseolus vulgaris* and *Avena sativa* by Fermentation with the *Pleurotus ostreatus* Fungus. In *Molecules* (Vol. 22, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/molecules22122275>
- Fagunwa, O. E., y Olanbiwoninu, A. A. (2020). Accelerating the sustainable development goals through microbiology: some efforts and opportunities. *Access Microbiology*, 2(5), acmi000112. <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000112>
- Floyd, R. A. (1999). Neuroinflammatory processes are important in neurodegenerative diseases: an hypothesis to explain the increased formation of reactive oxygen and nitrogen species as major factors involved in neurodegenerative disease development. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1346–1355. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00293-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00293-7)
- Fujita, R., Liu, J., Shimizu, K., Konishi, F., Noda, K., Kumamoto, S., Ueda, C., Tajiri, H., Kaneko, S., Suimi, Y., y Kondo, R. (2005). Anti-androgenic activities of *Ganoderma lucidum*. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(1), 107–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.041>
- Garau, M. C., Simal, S., Rosselló, C., y Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*, 104(3), 1014–1024. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.009>
- Garrido-Galand, S., Asensio-Grau, A., Calvo-Lerma, J., Heredia, A., y Andrés, A. (2021). The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours: A review. *Food Research International*, 145, 110398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110398>
- Geburu, Y. A., y Sbhathu, D. B. (2020). Effects of Fungi-Mediated Solid-State Fermentation on Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Brown and White Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) Grains. *Journal of Food Quality*, 2020, 1–11.

<https://doi.org/10.1155/2020/8819555>

- Gucia, M., Jarzyńska, G., Rafał, E., Roszak, M., Kojta, A. K., Osiej, I., y Falandysz, J. (2012). Multivariate analysis of mineral constituents of edible Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*) and soils beneath fruiting bodies collected from Northern Poland. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(2), 416–431. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0574-5>
- Hallfrisch, J., Scholfield, D. J., y Behall, K. M. (2003). Blood pressure reduced by whole grain diet containing barley or whole wheat and brown rice in moderately hypercholesterolemic men. *Nutrition Research*, 23(12), 1631–1642. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nutres.2003.08.014>
- Han, J. (2003). Solid-state fermentation of cornmeal with the basidiomycete *Herichium erinaceum* for degrading starch and upgrading nutritional value. *International Journal of Food Microbiology*, 80(1), 61–66. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00122-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00122-8)
- Han, J R, An, C. H., y 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/https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02672.x>
- Han, Jian Rong, An, C. H., y 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>
- Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Dong, L., Huang, F., y Liu, L. (2019). Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) during milling process. *LWT*, 114, 108381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108381>
- Heleno, S. A., Barros, L., Martins, A., Queiroz, M. J. R. P., Santos-Buelga, C., y Ferreira, I. C. F. R. (2012). Fruiting body, spores and in vitro produced mycelium of *Ganoderma lucidum* from Northeast Portugal: A comparative study of the antioxidant potential of phenolic and polysaccharidic extracts. *Food Research*

- International*, 46(1), 135–140.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.009>
- Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y.-C., Choi, I., y Kim, G.-B. (2014a). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food Chemistry*, 160, 346–356.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.112>
- Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y. C., Choi, I., y Kim, G. B. (2014b). 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>
- INEI. (2014). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar-ENDES*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1211/pdf/Libro.pdf
- Jacobsen, S.-E., y 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)
- Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., y Song, S. (2019). Quinoa: In Perspective of Global Challenges. In *Agronomy* (Vol. 9, Issue 4).
<https://doi.org/10.3390/agronomy9040176>
- Jalili, M., Nazari, M., y Magkos, F. (2023). Fermented Foods in the Management of Obesity: Mechanisms of Action and Future Challenges. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/ijms24032665>
- Jancurová, M., Minarovicová, L., y Dandar, A. (2009). Quinoa - a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(2), 71–79. <https://doi.org/10.17221/32/2008-CJFS>
- Kang, M., Zhai, F.-H., Li, X.-X., Cao, J.-L., y Han, J.-R. (2017). Total phenolic contents and antioxidant properties of buckwheat fermented by three strains of *Agaricus*. *Journal of Cereal Science*, 73, 138–142. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.12.012>
- Kao, C. H. J., Bishop, K. S., Xu, Y., Han, D. Y., Murray, P. M., Marlow, G. J., y Ferguson, L. R. (2016). Identification of Potential Anticancer Activities of Novel *Ganoderma lucidum* Extracts Using Gene Expression and Pathway Network Analysis. *Genomics Insights*, 9, GEI.S32477.

<https://doi.org/10.4137/GEI.S32477>

- Kao, C., Jesuthasan, A. C., Bishop, K. S., Glucina, M. P., y Ferguson, L. R. (2013). Anti-cancer activities of *Ganoderma lucidum*: active ingredients and pathways. *Functional Foods in Health and Disease*, 3(2), 48. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v3i2.65>
- Kariluoto, S., Aittamaa, M., Korhola, M., Salovaara, H., Vahteristo, L., y Piironen, V. (2006). Effects of yeasts and bacteria on the levels of folates in rye sourdoughs. *International Journal of Food Microbiology*, 106(2), 137–143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.013>
- Katina, K., Laitila, A., Juvonen, R., Liukkonen, K.-H., Kariluoto, S., Piironen, V., Landberg, R., Åman, P., y Poutanen, K. (2007). Bran fermentation as a means to enhance technological properties and bioactivity of rye. *Food Microbiology*, 24(2), 175–186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.012>
- Kozarski, M., Klaus, A., Niksic, M., Jakovljevic, D., Helsper, J. P. F. G., y Van Griensven, L. J. L. D. (2011). Antioxidative and immunomodulating activities of polysaccharide extracts of the medicinal mushrooms *Agaricus bisporus*, *Agaricus brasiliensis*, *Ganoderma lucidum* and *Phellinus linteus*. *Food Chemistry*, 129(4), 1667–1675. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.029>
- Koziol' Latinreco, M. J. (1992). Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 35–68.
- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Lee, J. (1997). Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *Journal of Biotechnology*, 56(1), 1–24. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(97\)00073-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(97)00073-4)
- Li, S., Chen, Y., Li, K., Lei, Z., y 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>

- Li, Y., Gu, F., Guo, X., Zhang, Q., Hu, R., Qin, L., Wang, Q., y Wang, F. (2023). Effects of drying methods on bioactive components of *Ganoderma lucidum* fermented whole wheat in products y in vitro digestive model. *Food Research International*, 168, 112641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112641>
- Limón-Pacheco, J., y Gonsebatt, M. E. (2009). The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 674(1), 137–147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2008.09.015>
- Lin, Y.-C., y Chou, C.-C. (2009). Effect of heat treatment on total phenolic and anthocyanin contents as well as antioxidant activity of the extract from *Aspergillus awamori*-fermented black soybeans, a healthy food ingredient. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(7), 627–636. <https://doi.org/10.3109/09637480801992492>
- Liu, J.-Q., Lian, C.-L., Hu, T.-Y., Wang, C.-F., Xu, Y., Xiao, L., Liu, Z.-Q., Qiu, S.-Q., y Cheng, B.-H. (2018). Two new farnesyl phenolic compounds with anti-inflammatory activities from *Ganoderma duripora*. *Food Chemistry*, 263, 155–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.097>
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., y Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- López Legarda, X., Arboleda Echavarría, C., y Segura Sanchez, F. (2015). Producción de polisacáridos a partir de *Ganoderma* sp., aislado en la región andina. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2), 44–54. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.47060>
- Lu, J., He, R., Sun, P., Zhang, F., Linhardt, R. J., y Zhang, A. (2020). Molecular mechanisms of bioactive polysaccharides from *Ganoderma lucidum* (Lingzhi), a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 765–774. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.035>
- Manavalan, T., Manavalan, A., y Heese, K. (2015). Characterization of Lignocellulolytic Enzymes from White-Rot Fungi. *Current Microbiology*, 0(70), 485–498.

- Mathew, S., y Abraham, T. E. (2006). Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. *Food Chemistry*, 94(4), 520–528. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.043>
- Miles, P. G., y Chang, S.-T. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC press.
- MINAGRI. (2013). *CATÁLOGO DE VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA EN EL PERÚ*. http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/76/1/Apaza-Catalogo_de_variedades...quinua.pdf
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Rodríguez, M. J., Maureira, H., y Martínez, E. A. (2012). Nutritional Aspects of Six Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ecotypes from three Geographical Areas of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72, 175–181. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:33592385>
- Mortensen, A. B., y Wallin, H. (1989). Gravimetric Determination of Ash in Foods: NMKL Collaborative Study. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 72(3), 481–483. <https://doi.org/10.1093/jaoac/72.3.481>
- Nigam, P. S. nee', Gupta, N., y Anthwal, A. (2009). Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation. In P. Singh nee' Nigam y A. Pandey (Eds.), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7>
- Obafemi, Y. D., Oranusi, S. U., Ajanaku, K. O., Akinduti, P. A., Leech, J., y Cotter, P. D. (2022). African fermented foods: overview, emerging benefits, and novel approaches to microbiome profiling. *Npj Science of Food*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00130-w>
- Olukomaiya, O. O., Adiamo, O. Q., Fernando, W. C., Mereddy, R., Li, X., y Sultanbawa, Y. (2020). Effect of solid-state fermentation on proximate composition, anti-nutritional factor, microbiological and functional properties of lupin flour. *Food Chemistry*, 315, 126238. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.126238>
- Osinska-Jaroszuk, M., Jarosz-Wilkolazka, A., Jaroszuk-Sciseł, J., Szałapata, K., Nowak,

- A., Jaszek, M., Ozimek, E., y Majewska, M. (2015). Extracellular polysaccharides from Ascomycota and Basidiomycota: production conditions, biochemical characteristics, and biological properties. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31, 1823–1844.
- PACCPERÚ. (2012). *Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco*. 1–114.
https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1912/Caracterización-climática-de-las-regiones-Apurímac-y-Cusco_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pandey, A., Soccol, C., y C., L. (2008). Current Developments In Solit - State Fermentation. In *Mushroom Production* (pp. 253–274).
- Panjikaran, S. T., y Mathew, D. (2013). An environmentally friendly and cost effective technique for the commercial cultivation of oyster mushroom [*Pleurotus florida* (Mont.) Singer]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(4), 973–976.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.5827>
- Pathan, S., y Siddiqui, R. A. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*, 14(3), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu14030558>
- Patrón-Vázquez, J., Baas-Dzul, L., Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Sánchez-Contreras, Á., García-Cruz, U., y Pacheco, N. (2019). The Effect of Drying Temperature on the Phenolic Content and Functional Behavior of Flours Obtained from Lemon Wastes. In *Agronomy* (Vol. 9, Issue 9).
<https://doi.org/10.3390/agronomy9090474>
- PDU. (2012). *Plan de Desarrollo Urbano de Abancay*. Municipalidad Provincial de Abancay. https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/OTROS/Plan_desarrollo_urbano_Abancay_Apurimac_2012.pdf
- Pedrali, D., Giupponi, L., De la Peña-Armada, R., Villanueva-Suárez, M. J., y Mateos-Aparicio, I. (2023). The quinoa variety influences the nutritional and antioxidant profile rather than the geographic factors. *Food Chemistry*, 402, 133531.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133531>

- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., y Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, *111*, 38–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>
- Pinela, J., Omarini, A. B., Stojković, D., Barros, L., Postemsky, P. D., Calhelha, R. C., Breccia, J., Fernández-Lahore, M., Soković, M., y Ferreira, I. C. F. R. (2020). Biotransformation of rice and sunflower side-streams by dikaryotic and monokaryotic strains of *Pleurotus sapidus*: Impact on phenolic profiles and bioactive properties. *Food Research International*, *132*.
- Piñuel, L., Boeri, P., Zubillaga, F., Barrio, D. A., Torreta, J., Cruz, A., Vásquez, G., Pinto, A., y Carrillo, W. (2019). Production of White, Red and Black Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd Var. Real) Protein Isolates and Its Hydrolysates in Germinated and Non-Germinated Quinoa Samples and Antioxidant Activity Evaluation. *Plants (Basel, Switzerland)*, *8*(8). <https://doi.org/10.3390/plants8080257>
- Platt, M. W., Hadar, Y., y Chet, I. (1984). Fungal activities involved in lignocellulose degradation by *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *20*, 150–154.
- Prego, I., Maldonado, S., y 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>
- Raghavarao, K. S. M. S., Ranganathan, T. V., y Karanth, N. G. (2003). Some engineering aspects of solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, *13*(2–3), 127–135. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00125-0](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00125-0)
- Randhir, R., Lin, Y.-T., y Shetty, K. (2004). Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, *13*(3), 295–307.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., y Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa

- (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128–133. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.09.087>
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., y 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>
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P., y Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66(4), 401–436. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00093-X)
- Rojas, W., Milton, P., Carolina, A., Luz, G. P., Pedro, L.-L., Adriana, A., Stefano, D., Stefano, P., y Didier, B. (2015). *Quinoa genetic resources and ex situ conservation*. <https://agritrop.cirad.fr/575494/>
- Romano, N., Ureta, M. M., Guerrero-Sánchez, M., y Gómez-Zavaglia, A. (2020). Nutritional and technological properties of a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) spray-dried powdered extract. *Food Research International*, 129, 108884. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108884>
- Ruales, J., y Nair, B. M. (1993). Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*, 48(2), 131–136. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90047-J](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90047-J)
- Ryu, J.-S., Kim, M. K., Im, C. H., y Shin, P.-G. (2015). Development of cultivation media for extending the shelf-life and improving yield of king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*). *Scientia Horticulturae*, 193, 121–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.005>
- Sánchez-García, J., Asensio-Grau, A., García-Hernández, J., Heredia, A., y Andrés, A. (2022). Nutritional and antioxidant changes in lentils and quinoa through fungal solid-state fermentation with *Pleurotus ostreatus*. *Bioresources and Bioprocessing*, 9(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00542-2>
- Sánchez-García, Janaina, Muñoz-Pina, S., García-Hernández, J., Heredia, A., y Andrés, A. (2023). Fermented quinoa flour: Implications of fungal solid-state

- bioprocessing and drying on nutritional and antioxidant properties. *LWT*, 182, 114885. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114885>
- Sánchez-Moreno, C., A. Larrauri, J., y Saura-Calixto, F. (1999). Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. *Food Research International*, 32(6), 407–412. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(99\)00097-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(99)00097-6)
- Sang, T., Guo, C., Guo, D., Wu, J., Wang, Y., Wang, Y., Chen, J., Chen, C., Wu, K., Na, K., Li, K., Fang, L., Guo, C., y Wang, X. (2021). Suppression of obesity and inflammation by polysaccharide from sporoderm-broken spore of *Ganoderma lucidum* via gut microbiota regulation. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117594. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117594>
- Şanlıer, N., Gökçen, B. B., y Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 506–527. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1383355>
- Sarnthima, R., Khammaung, S., y Sa-ard, P. (2017). Culture broth of *Ganoderma lucidum* exhibited antioxidant, antibacterial and α -amylase inhibitory activities. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3724–3730. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2839-6>
- Savoie, J., Salmones, D., y Mata, G. (2007). Hydrogen peroxide concentration measured in cultivation substrates during growth and fruiting of the mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus* spp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(7), 1337–1344. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2854>
- Scanlin, L., y Lewis, K. A. (2017). *Chapter 14 - Quinoa as a Sustainable Protein Source: Production, Nutrition, and Processing* (S. R. Nadathur, J. P. D. Wanasundara, y L. B. T.-S. P. S. Scanlin (eds.); pp. 223–238). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00014-7>
- Schilling, J. S., Kaffenberger, J. T., Held, B. W., Ortiz, R., y Blanchette, R. A. (2020). Using Wood Rot Phenotypes to Illuminate the “Gray” Among Decomposer Fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01288>
- Schlemmer, U., Frølich, W., Prieto, R. M., y Grases, F. (2009). Phytate in foods and

- significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular Nutrition y Food Research*, 53(S2). <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900099>
- Sevgi, K., Tepe, B., y Sarikurkcu, C. (2015). Antioxidant and DNA damage protection potentials of selected phenolic acids. *Food and Chemical Toxicology*, 77, 12–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.12.006>
- Shang, H. M., Song, H., Xing, Y. L., Niu, S. L., Ding, G. D., Jiang, Y. Y., y Liang, F. (2016). Effects of dietary fermentation concentrate of *Hericium caput-medusae* (Bull.:Fr.) Pers. on growth performance, digestibility, and intestinal microbiology and morphology in broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 215–222. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7084>
- Sharma, C., Bhardwaj, N., Sharma, A., Tuli, H. S., Batra, P., Beniwal, V., Gupta, G. K., y Sharma, A. K. (2019). Bioactive metabolites of *Ganoderma lucidum*: Factors, mechanism and broad spectrum therapeutic potential. *Journal of Herbal Medicine*, 17–18, 100268. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100268>
- Shi, M., Yang, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Wang, Y., y Zhang, Z. (2012). Production of total polyphenol from fermented soybean curd residue by *Lentinus edodes*. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Silva Canedo, M., Gomes de Paula, F., Alves da Silva, F., y Vendruscolo, F. (2016). Protein enrichment of brewery spent grain from *Rhizopus oligosporus* by solid-state fermentation. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 39, 1105–1113.
- Singh, M. P., y Singh, V. K. (2012). Biodegradation of vegetable and agrowastes by *Pleurotus sapidus*: a novel strategy to produce mushroom with enhanced yield and nutrition. *Cellular and Molecular Biology*, 58(1 SE-Original Research Articles), 1–7. <https://cellmolbiol.org/index.php/CMB/article/view/571>
- Singhanian, R. R., Patel, A. K., Soccol, C. R., y 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>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., y Lamuela-Raventós, R. M. B. T.-M. in E. (1999). [14]

- Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Oxidants and Antioxidants Part A* (Vol. 299, pp. 152–178). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Starzyńska-Janiszewska, A., Bączkiewicz, M., Sabat, R., Stodolak, B., y Witkiewicz, 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/https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-16-0186-R>
- Starzynska-Janiszewska, A., Stodolak, B., Dulinski, R., Mickowska, B., y 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>
- Stoffel, F., Santana, W. de O., Gregolon, J. G. N., Kist, T. B. L., Fontana, R. C., y Camassola, M. (2019). Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 58, 102227. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2019.102227>
- Tamilvendan, M., Arulmani, M., Kalaichelvan P., T., y Klaus, H. (2012). Secretome analysis of *Ganoderma lucidum* cultivated in sugarcane bagasse. *Journal of Proteomics*, 77(0), 298–309.
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., y Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380–388. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018>
- Tapia, M. (1979). La quinua y la kañiwa. In *Ciid, Iica* (p. 232). https://www.google.com.pe/books/edition/La_quinua_y_la_kañiwa/FfemqEmGXysC?hl=esygbpv=1ydq=inauthor:%22Mario+Tapia%22yprintsec=frontcover
- Thakur, P., Kumar, K., y Dhaliwal, H. S. (2021). Nutritional facts, bio-active components

- and processing aspects of pseudocereals: A comprehensive review. *Food Bioscience*, 42, 101170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101170>
- Tian, X.-F., Fang, Z., y Guo, F. (2012). Impact and prospective of fungal pre-treatment of lignocellulosic biomass for enzymatic hydrolysis. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6, 335–350.
- Tsang, L. J., Reid, I. D., y Coxworth, E. C. (1987). Delignification of Wheat Straw by *Pleurotus* spp. under Mushroom-Growing Conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(6), 1304–1306. <https://doi.org/10.1128/aem.53.6.1304-1306.1987>
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., y 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>
- Veljović, S., Veljović, M., Nikićević, N., Despotović, S., Radulović, S., Nikšić, M., y Filipović, L. (2017). Chemical composition, antiproliferative and antioxidant activity of differently processed *Ganoderma lucidum* ethanol extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1312–1320. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2559-y>
- Verma, B., Hucl, P., y Chibbar, R. N. (2008). Phenolic Content and Antioxidant Properties of Bran in 51 Wheat Cultivars. *Cereal Chemistry*, 85(4), 544–549. <https://doi.org/https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-4-0544>
- Vilcacundo, R., y Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 14, pp. 1–6). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>
- Walker, S. P., Wachs, T. D., Grantham-McGregor, S., Black, M. M., Nelson, C. A., Huffman, S. L., Baker-Henningham, H., Chang, S. M., Hamadani, J. D., Lozoff, B., Gardner, J. M. M., Powell, C. A., Rahman, A., y Richter, L. (2011). Inequality in early childhood: risk and protective factors for early child development. *The Lancet*, 378(9799), 1325–1338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140->

6736(11)60555-2

- Wang, Y., Compaoré-Séréomé, D., Sawadogo-Lingani, H., Coda, R., Katina, K., y Maina, N. H. (2019). Influence of dextran synthesized in situ on the rheological, technological and nutritional properties of whole grain pearl millet bread. *Food Chemistry*, 285, 221–230. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.01.126>
- Xiao, Y., Xing, G., Rui, X., Li, W., Chen, X., Jiang, M., y Dong, M. (2015). Effect of solid-state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18 on physicochemical and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour. *LWT*, 63(2), 1317–1324. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.046>
- Xu, L.-N., Guo, S., y Zhang, S. (2018). Effects of solid-state fermentation with three higher fungi on the total phenol contents and antioxidant properties of diverse cereal grains. *FEMS Microbiology Letters*, 365(16), fny163. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny163>
- Xu, L. N., Guo, S., y Zhang, S. W. (2019). Effects of solid-state fermentation on the nutritional components and antioxidant properties from quinoa. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 39. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i1.1898>
- Yang, L. C., Fu, T. J., y 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*, 129(4), 514–518. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.10.003>
- Yang, Z., Xu, J., Fu, Q., Fu, X., Shu, T., Bi, Y., y Song, B. (2013). Antitumor activity of a polysaccharide from *Pleurotus eryngii* on mice bearing renal cancer. *Carbohydrate Polymers*, 95(2), 615–620. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.024>
- Zambrano, C., Kotogán, A., Bencsik, O., Papp, T., Vágvölgyi, C., Mondal, K. C., Krisch, J., y Takó, M. (2018). Mobilization of phenolic antioxidants from grape, apple and pitahaya residues via solid state fungal fermentation and carbohydrase treatment. *LWT*, 89, 457–465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.025>
- Zhai, F.-H., Wang, Q., y 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

Anexo 1. Matriz de consistencia

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	Indicadores	Métodos	Pruebas Estadíst
PE1: ¿Cuál es el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Blanca Sacaca) fermentadas con micelio de <i>P. ostreatus</i>	OE1: Determinar el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Blanca Sacaca) fermentadas con micelio de <i>P. ostreatus</i>	H1: El contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla Roja y Blanca Sacaca), varían con la fermentación con micelio de <i>P. ostreatus</i> durante tres tiempos de incubación	Variable Independient: X1: Tiempo de fermentación (10, 20 y 30 días de incubación) X2: Inóculos (micelio de <i>P. ostreatus</i> y <i>G. lucidum</i>) X3: Tipos de sustratos (tres variedades de quinua)	10, 20 y 30 días Micelio (2cm ²) Negra Collana Roja Pasankalla Amarilla Sacaca	Diseño de investigación: Experimental Investigación aplicada	ANOVA Prueba de Tukey (P<0,05) 95% de nivel de confianza
PE2: ¿Cuál es el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Blanca Sacaca) fermentadas con micelio de <i>G. lucidum</i> durante tres tiempos de incubación?	OE2: Determinar el contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de granos de quinua (negra Collana, Pasankalla roja y Blanca Sacaca) fermentadas con micelio de <i>G. lucidum</i> durante tres tiempos de incubación.	H2: El contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, cenizas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de tres variedades de granos de quinua (Negra Collana, Pasankalla roja y Blanca Sacaca), variarán con la fermentación con micelio de <i>G. lucidum</i> durante tres tiempos de incubación.	Variable dependient: Y1: Contenido nutricional Y2: Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante Variables intervinientes: Temperatura de incubación: 25°C Humedad de sustratos: 70%	g/100g muestra mg de ácido gálico Equi/100g uMol de Trolox Equiv/100g	Experimental en laboratorio Instrumento: Aplicación de técnicas de Análisis de muestras Elaboración de reporte de software para análisis de datos.	ANOVA Prueba de Tukey (P<0,05) 95% de nivel de confianza

Anexo 2. Datos estadísticos

Tabla 5

Análisis de Varianza del contenido de proteínas en 03 variedades de quinua con P. ostreatus (g/100g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	2.79976	2	1.39988	26.84	0.0000
B: Tiempo	61.2305	3	20.4182	391.33	0.0000
INTERACCIONES					
AB	10.897	6	1.81617	34.82	0.0000
RESIDUOS		24	0.0521556		
	1.25173				
TOTAL (CORREGIDO)	76.179	35			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En la Tabla 5 se aprecia el ANOVA del contenido de proteínas en tres variedades de quinua fermentadas con *P. ostreatus*, tienen un efecto estadísticamente significativo durante los tres tiempos de fermentación a un nivel de confianza de 95%. Donde: P valor $< \alpha$ (0.05), por lo que, se rechaza la H_0 (hipótesis nula) y acepta la hipótesis alterna.

Tabla 6

Análisis de Varianza del contenido de carbohidratos en 03 variedades de quinua con P. ostreatus (g/100g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	2.00623	2	1.00312	6.30	0.0063
B: Tiempo de	94.2391	3	31.413	197.26	0.0000
INTERACCIONES					
AB	6.59081	6	1.09847	6.90	0.0002
RESIDUOS	3.82194	24	0.159247		
TOTAL (CORREGIDO)	106.658	35			

La Tabla 6 muestra el ANOVA para el contenido de carbohidratos, a un ($\alpha=0.05$) nivel de confianza de 95%. Existe diferencias estadísticamente significativas en el contenido de carbohidratos en las tres variedades de quinua sometidas a fermentación durante tres tiempos con micelio de *P. ostreatus*. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a), puesto que los valores de P son menores a 0.05.

Tabla 7

*Análisis de Varianza del contenido de grasa en 03 variedades de quinua con *P. ostreatus* (g/100g)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	2.58332	2	1.29166	64.42	0.0000
B: Tiempo	3.11654	3	1.03885	50.20	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.83135	6	0.138558	6.70	0.0003
RESIDUOS	0.496667	24	0.0206944		
TOTAL (corregido)	7.02788	35			

La Tabla 7 muestra el Análisis de Varianza para el contenido de grasas, a un ($\alpha=0.05$) nivel de confianza de 95%. Existiendo diferencias estadísticamente significativas de grasas en las tres muestras de quinua fermentadas con *P. ostreatus* durante tres periodos de incubación. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a), debido a que P valor $< \alpha$ (0.05).

Tabla 8

*Análisis de Varianza del contenido de cenizas en 03 variedades de quinua con *P. ostreatus* (g/100g)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	0.402517	2	0.201258	51.42	0.0000
B: Tiempo	0.361408	3	0.120469	30.78	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.177217	6	0.0295361	7.55	0.0001
RESIDUOS	0.0939333	24	0.00391389		
TOTAL (CORREGIDO)	1.03507	35			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual ($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%.

La Tabla 8 muestra el ANOVA para el contenido de cenizas a un $\alpha=0.05$ y un nivel de confianza de 95%. Existiendo diferencias estadísticamente significativas de cenizas en las tres muestras de quinua fermentadas con *P. ostreatus* durante tres periodos de incubación. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a), puesto que los valores de P son menores a 0.05.

Tabla 9

*Análisis de varianza del contenido de polifenoles totales con *P. ostreatus* en 03 variedades de quinua con (mg EAG/100g)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	766.414	2	383.207	100.27	0.0000
B: Tiempo de fermentación	13488.1	3	4496.05	1176.39	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1795.74	6	299.289	78.31	0.0000
RESIDUOS	91.7255	24	3.8219		
TOTAL (CORREGIDO)	16142.0	35			

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

En la Tabla 9 se muestra el Análisis de Varianza para el contenido de polifenoles totales a un nivel de confianza de 95%. Existiendo diferencias estadísticamente significativas en las tres muestras de quinua fermentadas con *P. ostreatus* durante tres periodos de incubación. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a), puesto que los valores de P son menores a 0.05.

Tabla 10

*Análisis de varianza de la capacidad antioxidante con *P. ostreatus* en 03 variedades de quinua con (mg Equi.Trolox/100g base seca)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	395.436	2	197.718	255.53	0.0000
B: Tiempo de fermentación	2277.79	3	759.262	981.26	0.0000
INTERACCIONES					
AB	540.14	6	90.0233	116.34	0.0000
RESIDUOS	18.5703	24	0.773762		
TOTAL (CORREGIDO)	3231.93	35			

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

El Análisis de Varianza para la capacidad antioxidante se muestran en la Tabla 10, donde se aprecia las diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza de 95%, en las tres muestras de quinua fermentadas con *P. ostreatus* durante tres periodos de incubación.

Tabla 11

Análisis de Varianza del contenido de proteínas en 03 variedades de quinua con G. lucidum (g/100g base seca)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	7.85231	2	3.92615	105.82	0.0000
B: Tiempo	44.7813	3	14.9271	402.32	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.96829	6	0.328048	8.84	0.0000
RESIDUOS	0.890465	24	0.0371027		
TOTAL (CORREGIDO)	55.4924	35			

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual ($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%.

En la Tabla 11 se aprecia el Análisis de Varianza para el contenido de proteínas donde se aprecia las diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza de 95%, en las tres muestras de quinua fermentadas con *G. lucidum* durante tres periodos de incubación. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a), debido a que los valores de P son menores a 0.05 ($\alpha=0.05$).

Tabla 12

Análisis de Varianza del contenido de carbohidratos en 03 variedades de quinua con G. lucidum (g/100g bs)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales:					
A: Sustrato	0.107403	2	0.0537015	0.31	0.7374
B: Tiempo de fermentación	71.133	3	23.711	136.25	0.0000
Interacciones					
AB	2.71766	6	0.452943	2.60	0.0436
Residuos	4.17668	24	0.174028		
Total (corregido)	78.1348	35			

En la Tabla 12 se aprecia el Análisis de Varianza del contenido de carbohidratos a un $\alpha=0.05$ y un nivel de confianza de 95%. Existiendo diferencias estadísticamente significativas en los tres tiempos de fermentación, con *G. lucidum*; por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) y rechaza la hipótesis alterna (H_a).

Tabla 13

Análisis de Varianza del contenido de grasas en 03 variedades de quinua con G. lucidum (g/100g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales:					
A: Sustrato	4.74805	2	2.37403	197.68	0.0000
B: Tiempo de fermentación	5.33019	3	1.77673	147.95	0.0000
Interacciones					
AB	0.768477	6	0.12808	10.67	0.0000
Residuos	0.28822	24	0.0120092		
Total (corregido)	11.1349	35			

Nota: Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual ($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%.

En la Tabla 13 el ANOVA para el contenido de grasas, a un ($\alpha=0.05$) nivel de confianza de 95% es significativo en las tres muestras de quinua fermentadas con *G. lucidum* durante tres periodos de incubación. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a), debido a que P valor $< \alpha$ (0.05).

Tabla 14

Análisis de Varianza del contenido de cenizas en 03 variedades de quinua con G. lucidum (g/100g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales:					
A: Sustrato	0.0237604	2	0.0118802	1.59	0.2241
B: Tiempo de fermentación	1.34121	3	0.447069	59.94	0.0000
Interacciones					
AB	0.361588	6	0.0602647	8.08	0.0001
Residuos	0.179015	24	0.00745897		
Total (corregido)	1.90557	35			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual ($\alpha=0.05$), nivel de confianza de 95%.

La Tabla 14 muestra el ANOVA para las cenizas a un $\alpha=0.05$ y un nivel de confianza de 95%. No existiendo diferencias estadísticamente significativas en las muestras crudas ($P > 0.05$), se acepta la hipótesis nula (H_0) y rechaza la hipótesis alterna (H_a). Entre las muestras fermentadas, existen diferencias estadísticamente significativas a una $\alpha=0.05$ puesto que los valores de P son menores a 0.05.

Tabla 15

Análisis de varianza de polifenoles totales en 03 variedades de quinua con G. lucidum (g/100g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES:					
A: Sustrato	1085.75	2	542.874	59.76	0.0000
B: Tiempo de fermentación	14000.6	3	4666.87	513.77	0.0000
INTERACCIONES					
AB	5421.36	6	903.561	99.47	0.0000
RESIDUOS	218.008	24	9.08365		
TOTAL (CORREGIDO)	20725.7	35			

La Tabla 15 muestra el ANOVA para el contenido de polifenoles totales a un nivel de confianza de 95%. Existiendo diferencias estadísticamente significativas en las tres muestras de quinua fermentadas con *G. lucidum* durante tres periodos de incubación. Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y acepta la hipótesis alterna (H_a).

Tabla 16

Análisis de varianza de capacidad antioxidante en 03 variedades de quinua con G. lucidum (g/100g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES:					
A: Tiempo	926.538	3	308.846	299.67	0.0000
B: Sustrato	363.91	2	181.955	176.55	0.0000
INTERACCIONES					
AB	870.238	6	145.04	140.73	0.0000
RESIDUOS	24.7346	24	1.03061		
TOTAL (CORREGIDO)	2185.42	35			

Nota: Los 3 valores P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la capacidad antioxidante con un 95% de nivel de confianza.

Anexo 3 Panel fotográfico

Figura 18

Micelio del hongo Pleurotus ostreatus en Agar Papa Dextrosa

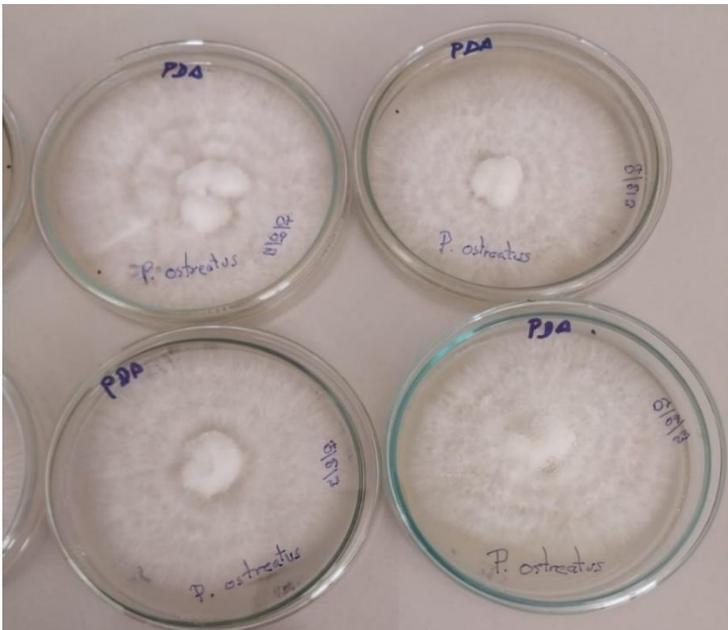


Figura 19

Micelio del hongo Ganoderma lucidum en Agar Papa Dextrosa

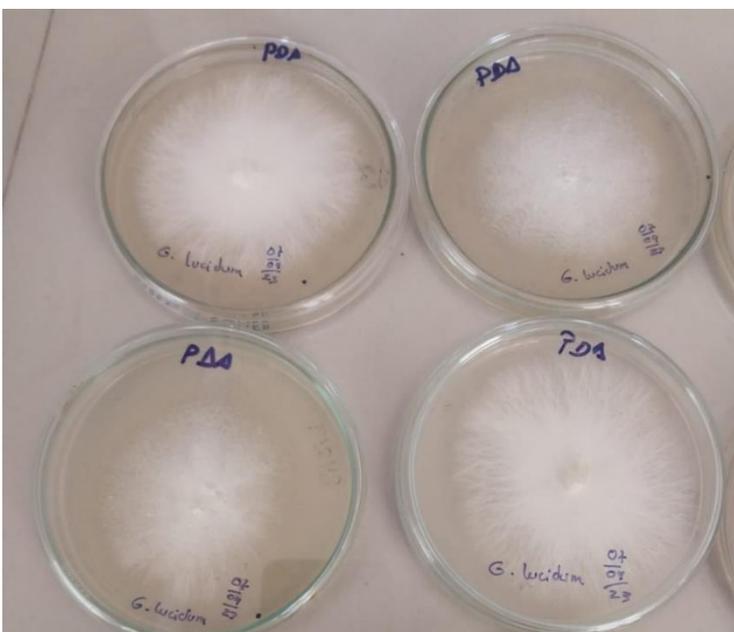


Figura 20

Cepario de *P. ostreatus*, *G. lucidum* y *Lentinula edodes*

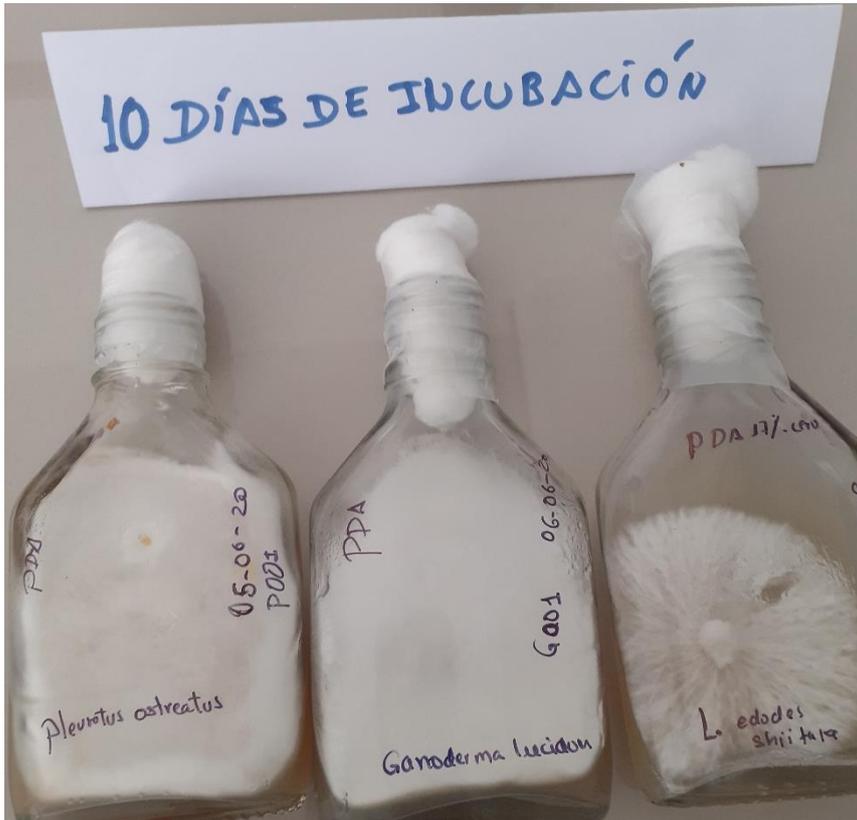


Figura 21

Producción de bioinoculantes: Micelio de *P. ostreatus* y *G. lucidum*

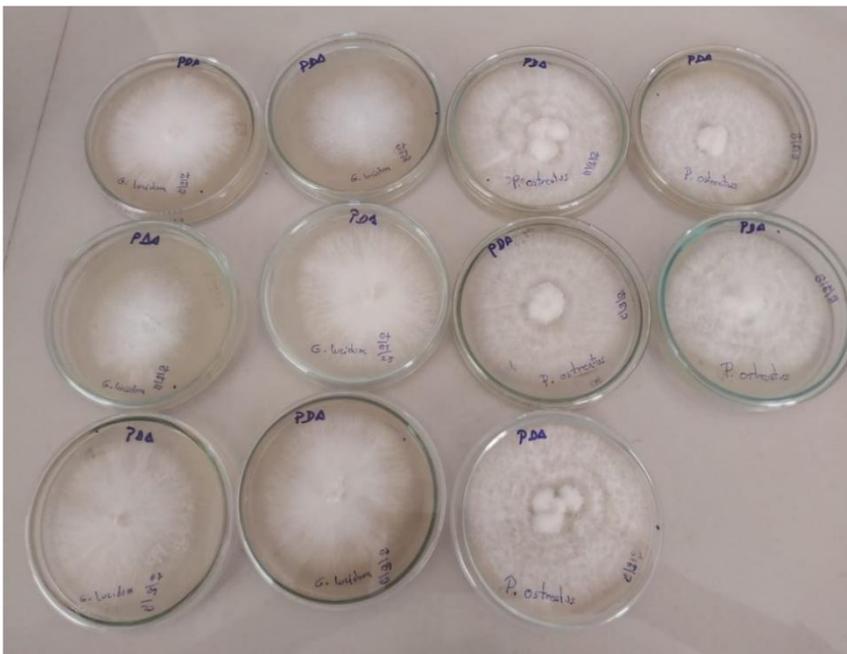


Figura 22

Limpieza e hidratado de quinua Negra Collana, Roja Pasankalla y Amarilla Sacaca



Figura 23

Escurrido y oreado de semillas de tres variedades de quinua



Figura 24

Semillas de tres variedades de quinua acondicionadas en frascos de vidrio



Figura 25

Tratamiento térmico por calor húmedo 121 °C/20 minutos de semillas de quinua



Figura 26

*Fermentación de tres variedades de quinua con *P. ostreatus* y *G. lucidum* (3 días)*



Figura 27

*Fermentación de semillas de quinua con *P. ostreatus* y *G. lucidum* (8 días)*



Figura 28

Semillas de color en etapa de fermentación con micelio de hongos (6 días de incubación)



Figura 29

Fermentación en estado sólido de quinua de quinua amarilla sacasa con P. ostreatus y G. lucidum (10 días)



Figura 30

Fermentación en estado sólido de tres variedades de quinua (20 días de incubación)

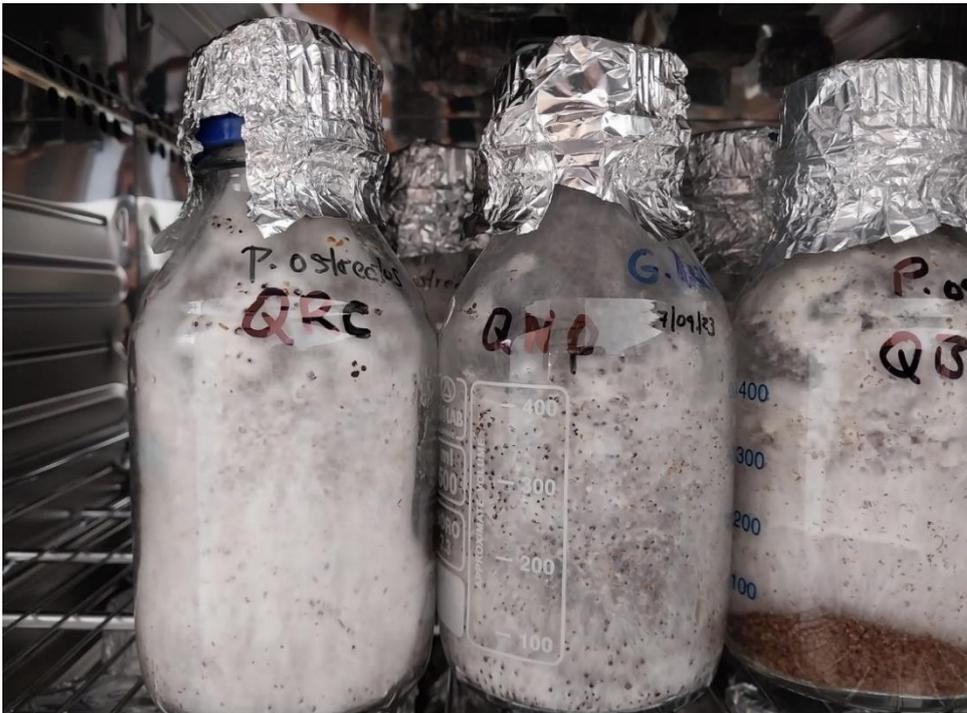


Figura 31

Fermentación en estado sólido de quinua, con P. ostreatus y G. lucidum, 30 días de incubación



Figura 32

Cosecha de quinua amarilla fermentada con P. ostreatus



Figura 33

Micelio de G. lucidum impregnado en semillas de quinua amarilla



Figura 34

Muestras secas de quinua roja fermentada durante 20 días con P. ostreatus



Figura 35

Muestras secas de quinua negra fermentada durante 20 días con P. ostreatus

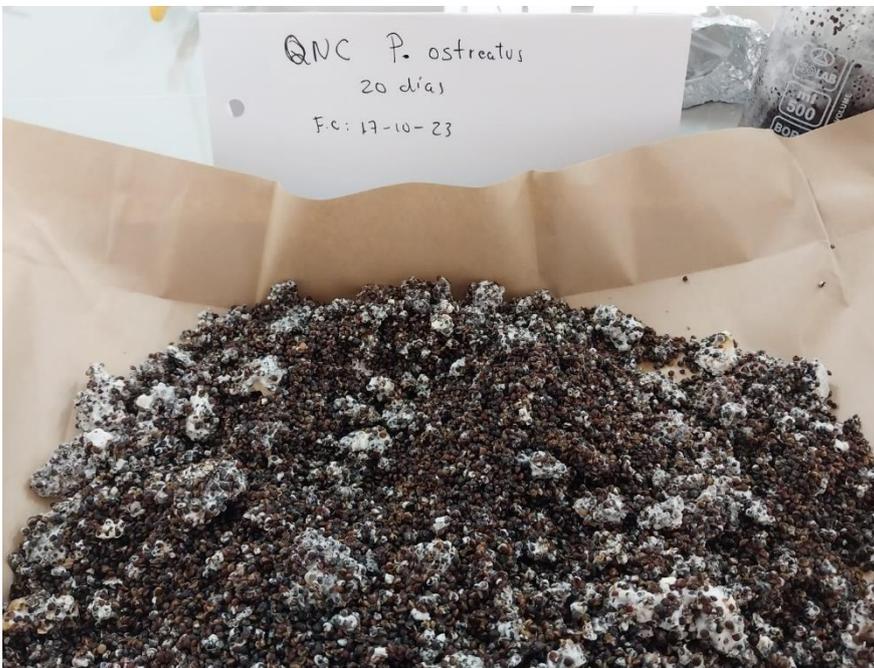


Figura 36

*Muestras secas de quinua amarilla fermentada por 30 días con *P. ostreatus**

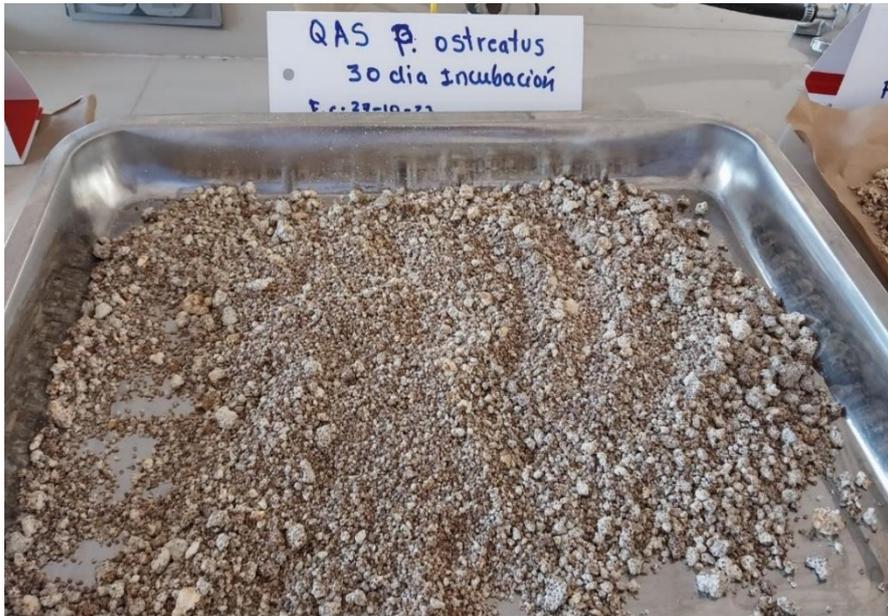


Figura 37

*Muestras secas de quinua roja fermentada por 30 días con *P. ostreatus**



Figura 38

Muestras secas de quinua amarilla fermentada por 30 días con G. lucidum



Figura 39

Quinua roja fermentada por 30 días con G. lucidum



Figura 40

Molienda de las muestras en molino de cuchillas Retsch GM 200



Figura 41

Determinación de humedad en estufa de circulación de aire forzado a 100°C



Figura 42

Calcinado de muestras fermentadas en mufla Thermo Concept a 600 °C/6 horas



Figura 43

Muestra de cenizas en tres variedades de quinua fermentada con micelio de hongos



Figura 44

Determinación de grasa en equipo extractor de grasa DET - GRAS N P SELECTA



Figura 45

Contenido de grasa en muestras de quinua fermentadas

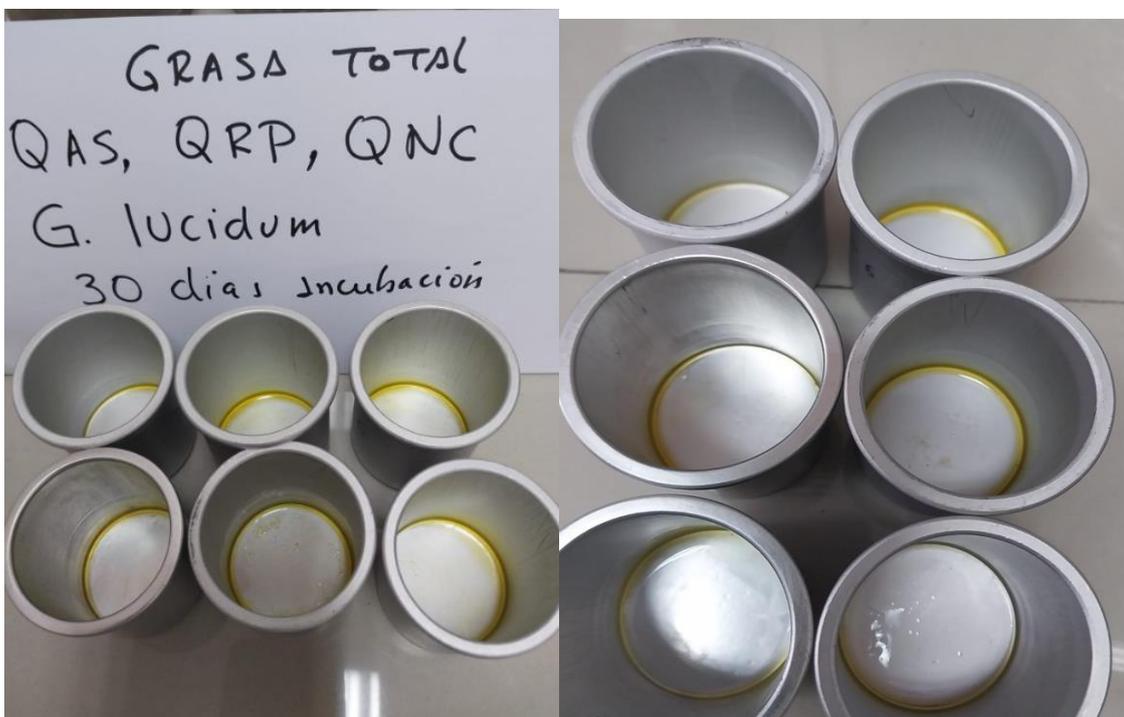


Figura 46

Proceso de digestión de las muestras para determinación de proteínas mediante el Digestor Kjeldall (LABCONCO)



Figura 47

Digestión de muestras para determinación de proteínas, equipo Digestor Kjeldall LABCONCO



Figura 48

Proceso de destilación de muestras para determinación de proteínas, equipo destilador Kjeldall LABCONCO



Figura 49

Titulación de muestras con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.02N, determinación de proteínas



Figura 50

Maceración de muestras fermentadas con metanol al 80% por 24h



Figura 51

Separación de sobrenadantes para determinación de polifenoles totales y capacidad antioxidante



Figura 52

Centrifugado de las muestras maceradas a 5000 rpm/30min



Figura 53

Determinación de polifenoles totales por el método Folin Ciocalteu

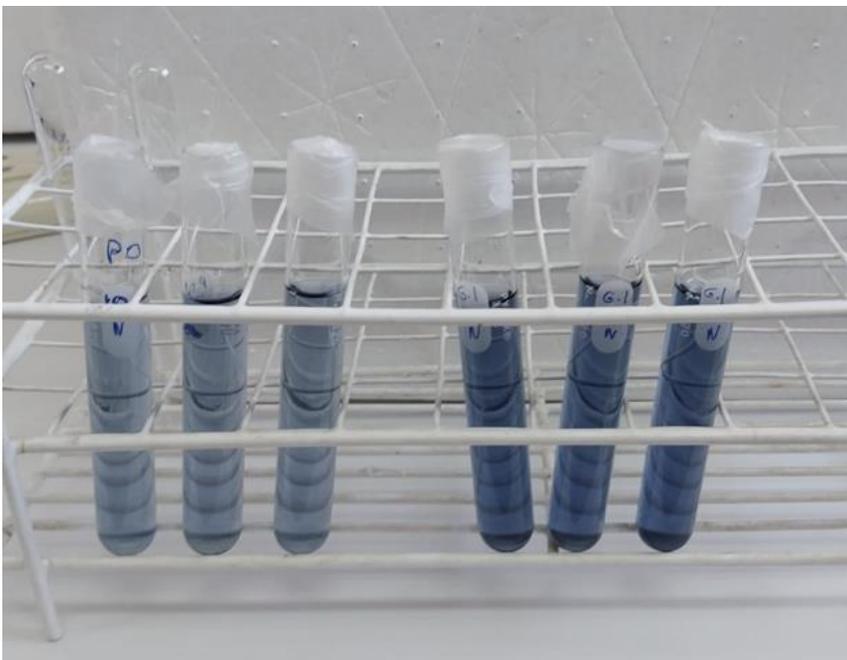


Figura 54

Determinación de polifenoles totales por el método Folin Ciocalteu

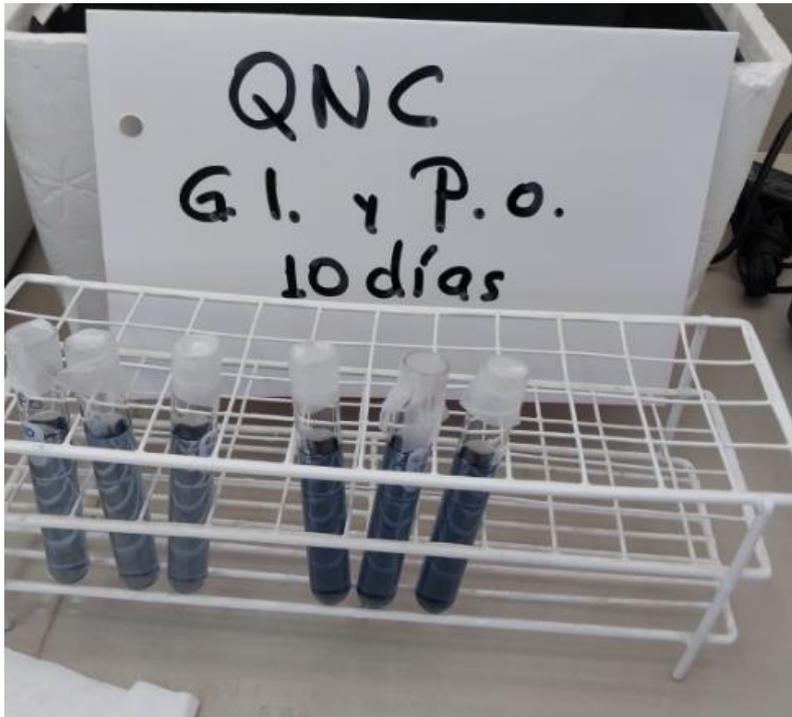


Figura 55

Lectura de la absorbancia a 715 nm en espectrofotómetro UV Thermo Scientific





Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo GLADYS MARIU CASTRO PEREZ,
identificado con DNI 31031355 en mi condición de egresado de:

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

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE.

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

"COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GRANOS DE QUINUA
(CHENOPODIUM QUINUA WILD.) SOMETIDOS A FERMENTACIÓN CON DOS INÓCULOS
DE MICELIO (GANODERMA UCIONUM Y PLEUROTUS OSTREATUS) ABRIL-2023

Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 15 de mayo del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo GLADYS MARILU CASTRO PEREZ
identificado con DNI 31031355 en mi condición de egresado de:

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

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

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

"COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GRANOS DE QUINUA
(CHENOPODIUM QUINUA WILD.) SOMETIDOS A FERMENTACIÓN CON DOS INÓCULOS
DE MICEIO (SAROFERMA LUCIDUM Y PLEUROTUS OSTREATUS) ABAJAY - 2023"

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 15 de MAYO del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella