



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



**EFEECTO DEL PERLADO EN SECO-HÚMEDO Y EXPANDIDO
POR EXPLOSIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y
FISICO-QUÍMICAS DE DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA
ORGÁNICA (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*)**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

*A Dios quien nos bendice,
acompaña y guía nuestro camino a
pesar de las grandes dificultades el
siempre estará en nuestros
corazones.*

*A mis queridos padres Cirilo
Ibañez y Rebeca Bejar, mis hermanos:
Jhon, Elva y Miriam quienes me vieron
crecer y apoyaron para llegar hasta este
momento, a mis hijos Joseph y Adriano
por ser motivo de vida para seguir
adelante y finalmente para mi compañera
de vida Ruth quien me ha motivado
incondicionalmente para hacer realidad
mis objetivos.*

Edson Ibañez



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haber contribuido en mi formación profesional, mediante la enseñanza de los docentes. Estoy muy agradecido al escalar un peldaño más en mis metas personales.

A mis directores de tesis:

Ing. M. Sc. Florentino Victor Choquehuanca Cáceres Q.E.P.D.D.G. por haber confiado en mi persona, le estaré eternamente agradecido y le mando saludos al cielo con todo mi ser.

Ing. M. Sc. Genny Isabel Luna Mercado por haber aceptado continuar con mi proyecto de tesis, por su disposición y apoyo incondicional brindado.

A mis jurados de tesis, M.Sc. Pablo Pari Huarcaya, D. Sc. Rosario E. Ortega, M.Sc. César Paul Laqui Vilca por su apoyo y correcciones, recomendaciones en este trabajo de investigación.

Al Ing. Valerio Roque Illanes por apoyarme y estar atento con la finalización de mi proyecto de tesis.

A Coopain Cabana Ltda., por brindarme sus instalaciones para la ejecución de la presente investigación, en especial para mis compañeros de trabajo.

A los Quim. Jorge Choquenaira Pari y Melquiades Herrera Vilca, responsables de los laboratorios de la UNSAAC por el apoyo con los análisis funcionales y químico proximal.

A todos mis familiares, amigos, compañeros por el aliento de seguir adelante a pesar de las dificultades que se presentaron, pude culminar este trabajo de investigación.

EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CAÑIHUA.....	17
2.1.1. DENOMINACIÓN DE LA ESPECIE	17
2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA – TAXONÓMICA.....	18
2.1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	18
2.1.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CAÑIHUA	20
2.1.5. CLASIFICACIÓN.....	21
2.1.6. VARIEDADES MEJORADAS POR EL INIA	22
2.1.7. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL	26
2.2. PROPIEDADES FUNCIONALES.....	27
2.2.1. ANTIOXIDANTES.....	27
2.2.2. COMPUESTOS FENÓLICOS.....	29
2.2.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS	30
2.2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CAÑIHUA.....	30
2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALIMENTOS	32
2.3.1. GRAVEDAD ESPECÍFICA	33
2.3.2. DENSIDAD.....	33



2.4. AGROINDUSTRIA DE LA CAÑIHUA	35
.....	36
2.5. PERLADO EN SECO HÚMEDO	37
2.5.1. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD	38
2.6. EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN	39
2.6.1. EQUIPO EMPLEADO - CAÑÓN MANUAL DE DISPARO SIMPLE ..	41
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	43
3.2. MATERIA PRIMA	43
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	43
3.3.1. MATERIALES	43
3.3.2. EQUIPOS Y/O MAQUINARIAS	44
3.3.3. REACTIVOS	45
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	46
3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL	46
3.5. UNIDADES DE ANÁLISIS.	51
3.5.1. Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco- húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis.	51
3.5.2. Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco- húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades químico proximal (proteína, humedad, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos) de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis	52
3.5.3. Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco- húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades físicas (gravedad específica, densidad real, densidad aparente y porosidad) de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis	53
3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS	53
3.6.1. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	53
3.6.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	54
3.6.3. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL	55
3.6.4. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS.	57



3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	60
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	62
4.1.1. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	62
4.1.2. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	64
4.1.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE CAÑIHUA	66
4.2. ANÁLISIS DE LA CAÑIHUA PROCESADA.....	69
4.2.1. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.	69
4.2.2. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	72
4.2.3. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL.	77
4.2.4. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE PROPIEDADES FÍSICAS	82
V. CONCLUSIONES.....	87
VI. RECOMENDACIONES	88
VII. REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	100

AREA: Ingeniería y tecnología.

TEMA: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 de diciembre de 2021.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Zonas de producción de cañihua en la Región de Puno – Perú.....	19
Figura 2.	Variación de una misma planta de cañihua de verde a púrpura	20
Figura 3.	Partes del cultivo de cañihua	21
Figura 4.	Ecotipos de cañihua Saiwa (a) y Lasta (b)	22
Figura 5.	Cañihua variedad Cupi	24
Figura 6.	Cañihua variedad Ramis.....	26
Figura 7.	Estructuras químicas representativas de los principales metabolitos secundarios farmacológicamente activos presentes en las semillas de quinua. A: triterpeno saponina, B: fitosterol, C: fitoecdisteroide, D: acido fenólico, E: flavonol glucosídico, F: betalaina, G: glicina betaina, G: glicina betaina.....	31
Figura 8.	Lavado tradicional de cañihua.....	36
Figura 9.	Secado a la intemperie de cañihua lavada	36
Figura 10.	Tostado tradicional de cañihua para la obtención de cañihuaco.	37
Figura 11.	Granos de cañihua con y sin perigonio.....	38
Figura 12.	Sistema de lavado a vapor.	39
Figura 13.	Cañón expansor de un solo disparo modelo Boliviano.	42
Figura 14.	Diagrama de flujo para la obtención de cañihua perlada.....	48
Figura 15.	Diagrama de Flujo para la obtención de cañihua expandida.	50
Figura 16.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la actividad antioxidante de cañihua orgánica Cupi y Ramis.....	72



Figura 17.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales de cañihuas orgánicas Cupi y Ramis	75
Figura 18.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la composición proximal de la cañihua orgánica variedad Cupi.....	81
Figura 19.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la composición proximal de la cañihua orgánica variedad Ramis	81
Figura 20.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la gravedad específica de la cañihua orgánica Cupi y Ramis.....	84
Figura 21.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la densidad real de la cañihua orgánica Cupi y Ramis	85
Figura 22.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la densidad aparente de la cañihua orgánica Cupi y Ramis.....	85
Figura 23.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la porosidad de la cañihua orgánica Cupi y Ramis.....	86



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ecotipos de cañihua	22
Tabla 2.	Características principales de la Cañihua variedad Cupi.....	23
Tabla 3.	Características principales de la Cañihua variedad Ramis	25
Tabla 4.	Características del valor nutritivo de 90 accesiones de Cañihua	27
Tabla 5.	Contenido de compuestos fenólicos (mg/ácido gálico/100 g) de distintas variedades de cañihua	32
Tabla 6.	Valores de humedad, densidad real y densidad aparente de diferentes cereales	34
Tabla 7.	Densidades y porosidades de insuflados de quinua sin recubrimiento	35
Tabla 8.	Requisitos químico proximal para cañihua perlada	38
Tabla 9.	Presiones para expandidos por explosión de algunos alimentos	40
Tabla 10.	Contenido de Actividad antioxidante del grano cañihua orgánica trillada ..	62
Tabla 11.	Contenido de compuestos fenólicos totales del grano cañihua orgánica trillada	64
Tabla 12.	Composición proximal del grano de cañihua orgánica Trillada	66
Tabla 13.	Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la Actividad antioxidante de las cañihuas orgánicas Cupi y Ramis	69
Tabla 14.	Efecto del Perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales de las cañihuas orgánicas Cupi y Ramis	73



Tabla 15. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la composición químico proximal de cañihua orgánica variedad Cupi y Ramis	77
Tabla 16. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades físicas de cañihua orgánica Cupi y Ramis	82



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CFT:	Compuestos Fenólicos Totales.
AA:	Actividad Antioxidante.
UNSAAC:	Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
DPPH:	2,2-difenil-1-picril hidrazilo.
AOAC:	The Association of Analytical Communities.
NTP:	Norma Técnica Peruana.
b.s.:	Base Seca (%).
DS:	Desviación estándar.
\bar{x} :	Promedio de 3 repeticiones.
ml:	mililitros.
μM :	micromol.
H°G:	Humedad del grano.
PSI:	Libra por pulgada cuadrada.



RESUMEN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es un grano andino cultivado principalmente en la sierra andina, es buena fuente de proteína, fibra dietética, compuestos fenólicos, antioxidantes, vitaminas y aceites. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales (CFT), actividad antioxidante (AA) y propiedades fisicoquímicas de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis. Los procesos tecnológicos se desarrollaron en la planta agroindustrial de Coopain Cabana Ltda., Las propiedades funcionales y químico proximal se desarrollaron en los laboratorios de cromatografía, espectrometría y química en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), se usó la metodología Folin Ciocalteu para determinar los CFT, metodología DPPH para la AA, los métodos universales de la Association of Analytical Communities (AOAC) para el análisis proximal y Ramírez (2012) para las propiedades físicas. Se determinó que la tecnología de perlado redujo la AA de las materias primas, mientras que el expandido hizo que se incrementaran para ambas variedades, teniendo un mejor resultado para Ramis expandida con 2129.67 μM Trolox eq/g.m.s. Por otro lado el perlado conservó los CFT para la variedad Ramis y redujo para la variedad Cupi, así mismo la tecnología de expandido conservó los CFT para la variedad Cupi e incrementó para la variedad Ramis con 245.33 mg Ac.Galico/100g.m.s. El contenido de la humedad, grasa y fibra fueron similares en ambas variedades cuando se aplicó el perlado, mientras que las cenizas y carbohidratos fueron diferentes. De igual manera al someterse al expandido el contenido de grasa, fibra y carbohidratos fueron similares para ambas variedades, mientras que las cenizas y humedad fueron diferentes. Las proteínas no fueron influenciadas cuando se interactuó variedad*proceso, sin embargo, se conservaron cuando se perlaron y disminuyeron hasta en un 33.99% cuando se sometieron al expandido. La densidad real y porosidad fueron similares para ambas variedades cuando se expandieron y diferentes cuando se perlaron. La gravedad específica y densidad aparente no fueron influenciadas cuando se interactuó variedad*proceso.

Palabras Clave: Cañihua perlada, Cañihua expandida, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, propiedades físico químicas.



ABSTRACT

The Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) is an andean grain that grows mainly in the andean highlands, it is a good source of protein, dietary fiber, phenolic compounds, antioxidants, vitamins and oils. The objective of this research was to evaluate the effect of the use of wet-dry pearling and expanded by explosion technologies on total phenolic compounds (CFT), antioxidant activity (AA) and physicochemical properties about two varieties Cupi and Ramis of organic cañihua. The technologies were developed in the agro-industrial plant of Coopain Cabana Ltda., The functional and proximal chemical properties were developed in chromatography, spectrometry and chemistry laboratories at National University San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), the Folin Ciocalteu methodology was used to determine CFT, DPPH methodology for AA, the universal methods of the Association of Analytical Communities (AOAC) for proximal analysis and Ramírez (2012) for physical properties. It was determined that the pearling technology reduced the AA of raw materials, while the expanded one caused them to increase for both varieties, having a better result for Ramis expanded with 2129.67 μM Trolox eq / g.m.s. On the other hand, pearling kept the CFT for the Ramis variety and reduced for the Cupi variety, likewise the expansion technology kept the CFT for the Cupi variety and increased for the Ramis variety with 245.33 mg Galico Ac. / 100g.m.s. The moisture, fat and fiber content were similar in both varieties when pearling was applied, while the ashes and carbohydrates were different, in the same way when undergoing the expanded the fat, fiber and carbohydrates content were similar for both varieties. while the ash and moisture were different. Proteins were not influenced when variety * process was interacted, however they were conserved when pearled and decreased by up to 33.99% when expanded. The actual density and porosity were similar for both varieties when expanded and different when pearled. Specific gravity and apparent density were not influenced when variety * process was interacted with.

Keywords: Pearled Cañihua, expanded Cañihua, phenolic compounds, antioxidant activity, physical-chemical properties.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) es un grano andino cultivado principalmente en la sierra andina, es muy resistente a las heladas, sequías, salinidad y plagas, puede florecer en suelos pobres y rocosos (Pérez *et al.*, 2016), después de la conquista española el cultivo probablemente disminuyó en la sociedad colonial, sin embargo con una pobreza de más del 50% en el Altiplano rural, el cultivo sigue siendo un recurso increíblemente importante en la prevención de la desnutrición inducida por la pobreza (Mangelson *et al.*, 2019).

Si se compara el grano de cañihua con el grano de quinua y otros cereales es buena fuente de proteína, fibra dietética y otros compuestos importantes como los compuestos fenólicos, antioxidantes (Luna-Mercado, 2019), vitaminas y aceites con ácidos grasos insaturados (Apaza, 2010), los cuales tienen un efecto preventivo a enfermedades crónicas y cardiovasculares, como el ácido Gálico y ácido Clorogénico que se asocian con una inhibición de la actividad α – amilasa, responsable de la diabetes tipo 2 (Coronado–Olano *et al.*, 2021), a pesar de la relación con su pariente quinua, la cañihua sigue siendo prácticamente desconocida fuera de los Andes y es subutilizada como recurso alimentario (Mangelson *et al.*, 2019), su aprovechamiento es muy bajo debido a que existe poca información respecto a su industrialización de manera orgánica, por variedad y eco tipo (Tapia, 2017).

Se sabe que las propiedades de los alimentos ya sean físicos, químicos y/o funcionales sufren cambios cuando se procesan (Ramírez, 2012), por ende al procesar cañihua orgánica perlada por el método seco-húmedo y posteriormente expandido por el método de explosión, no se pueden precisar si su propiedad funcional (compuestos



fenólicos, actividad antioxidante), propiedades físicas (gravedad específica, densidad real, densidad aparente, porosidad) y propiedades químico proximal (proteína, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos) permanecen, disminuyen o aumentan. La investigación pretende conocer el impacto real que causa las tecnologías de perlado y expandido sobre la propiedad funcional y fisicoquímicas de la cañihua orgánica, ya que se desarrolla en una planta agroindustrial en pleno funcionamiento, evitando por ejemplo la transformación tradicional que consiste en el lavado y secado del grano al medio ambiente. Es importante conocer estas propiedades para: desarrollar nuevos productos sanos y ecológicos, desarrollar y optimizar procesos agroindustriales de perlado y expandido, mejorar maquinaria agroindustrial, estandarizar fichas técnicas de calidad para la comercialización de productos, etc. Además, se hace uso como materia prima de dos variedades de cañihua certificadas orgánicas oriundas de nuestra región altiplánica Puneña.

Por ello el presente trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la propiedad funcional y físico-químicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) orgánica Cupi y Ramis. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales, actividad antioxidante y propiedades fisicoquímicas de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis.



1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis.
- Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades químico proximales (proteína, humedad, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos) de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis.
- Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades físicas (gravedad específica, densidad real, densidad aparente y porosidad) de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CAÑIHUA

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es uno de los granos andinos propios del Altiplano Peruano- Boliviano. Es una especie de mucho interés y clave en el rol que juega en la seguridad alimentaria de hogares rurales pobres, sin embargo, es limitada su cadena de valor (producción- consumo). Por el contrario, se le califica como una especie “olvidada y sub utilizada”. (Apaza, 2010).

La cañihua (en quechua) o cañahua (en aymara) (Canahua *et al.*, 2014), es una de las especies agrícolas andinas poco estudiadas y conocidas a nivel mundial, en muchas oportunidades se le ha confundido con la quinua, aunque su cultivo y consumo por los agricultores del Altiplano de Perú y Bolivia, se ha mantenido por cientos de años. (D. Alessio *et al.*, 2012).

El cultivo es resistente, llega a desarrollarse hasta en alturas de 4000 m.s.n.m. debido fundamentalmente a su resistencia a bajas temperaturas, precocidad de desarrollo, puede crecer en tierras pobres y rocosas, soportando climas fríos y secos, propios del Altiplano (Repo-Carrasco *et al.*, 2010), donde pueden germinan hasta a 5°C, florecer a 10°C y desarrollar semillas a 15°C, están condiciones usualmente destruyen o no son aptos para granos como la cebada y quinua (NRC, 1989).

2.1.1. DENOMINACIÓN DE LA ESPECIE

Se le denominó como *Chenopodium pallidicaule* Aellen por el suizo Paul Aellen en el año 1929, utilizando indistintamente el nombre de Kañiwa o Kañawa relacionadas con el origen del vocablo (Apaza, 2010).



2.1.1.1. NOMBRES COMUNES

Apaza (2010), menciona que la cañihua tiene una gran variedad de nombres locales, dependiendo del lugar donde se ubica, algunos de los nombres más comunes son:

- En Perú: “Kañiwa”.
- En Bolivia: “Cañahua”.
- Quechua: “Kañiwa”, “Kañawa”, “Kañahua”, “Kañagua”, “Quitacañigua”, “Ayara”, “Cuchiquinua”.
- Español: “Cañihua”, “Cañigua”, “Cañahua”, “Cañagua”, “Kañiwa”.
- Inglés: “Kaniwa”, “Canihua”.

2.1.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA – TAXONÓMICA

Según Apaza (2010), recopilado del MINAGRI, la clasificación de la planta de Cañihua es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: *Angiospermophyta*

Clase: *Dicotyledoneae*

Sub clase: *Archichlamydeae*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiáceae*

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen.

2.1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

En el Perú la mayor concentración de sembríos se encuentra en el Altiplano de Puno, principalmente en las provincias de: Melgar (Distritos: Llalli, Macarí, Ayaviri,

Nuñoa), Azángaro, Huancané, San Román, Puno (Distrito de Acora) y Chucuito (Distritos: Pomata y Kelluyo) (ver Figura 1). Además, se producen en zonas altas de Cuzco y Arequipa, pero en menor escala (Apaza, 2010).

Es importante mencionar que el altiplano de la región de Puno se encuentra a altitudes por encima de 3800 m.s.n.m., estas características benefician y son propias del cultivo que crece de 3812 a 4100 m.s.n.m.

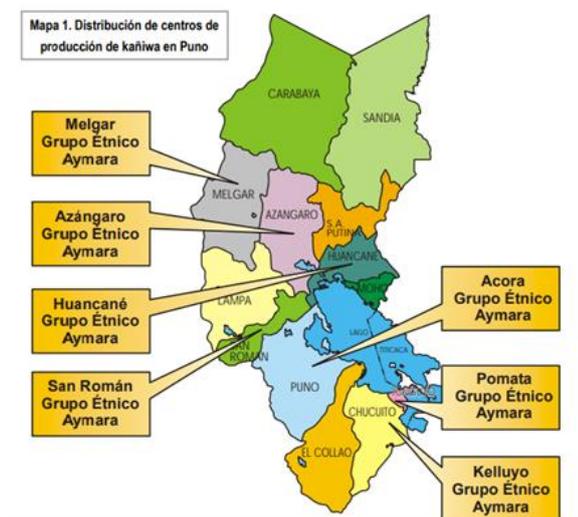


Figura 1. Zonas de producción de cañiwa en la Región de Puno – Perú

Fuente: Apaza (2010)

Por otro lado, en el país de Bolivia, se cultivan en el departamento de la Paz (Provincias Omasuyos, Los Andes, Pacajes, Ingavi, Murillo, Aroma, Camacho y Manco Capac), departamento de Oruro (Provincias San Pedro de Totora, Samaja, Carangas, Nor Carangas, Litoral, Pantaleon, Dalence y Saucari), Departamento de Cochabamba (Provincia Bolívar) y Departamento de Potosí (Antonio Quijarro) (FAO, 2000, citado en Apaza, 2010).

2.1.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CAÑIHUA

Según el MINAGRI, citado por Apaza (2010), la cañihua es una planta herbácea, ramificada desde la base, con una altura de 50 a 60 cm, periodo vegetativo entre 140 a 150 días. Su color (hojas y tallos) varía según el eco tipo en la fase fenológica de grano pastoso; de verde a: anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura (ver Figura 2).



Figura 2. Variación de una misma planta de cañihua de verde a púrpura

Fuente: Apaza (2010)

Así mismo se observa que la cañihua(A) es una planta ramificada desde la base, de un porte entre 0.2-0.7m, el tipo de flor que presenta es hermafrodita o masculina, así mismo podemos observar el fruto (A3) y su semilla (A4), los tallos, las hojas y las inflorescencias están cubiertas de vesículas blancas o rosadas (FAO, 2000). (ver Figura 3).

Las semillas tienen entre 1.0-1.2 mm de longitud (NRC, 1989). Su clasificación se basa en la forma de la planta y el color de su semilla, por otra parte, el tiempo de maduración de la mayoría de las variedades requieren entre 140 y 150 días antes de su cosecha (Apaza, 2010).



Figura 3. Partes del cultivo de cañihua

Fuente: FAO (2010)

2.1.5. CLASIFICACIÓN

Los más importantes son por el eco tipo, la forma de sus hojas, el crecimiento, entre otros (FAO, 2000; NRC, 1989).

En la Tabla 1 se presentan ejemplos de los dos eco tipos más estudiados, una planta erecta (Saiwa) con 3-5 ramas basales y otra de tipo semirrecto (Lasta) con más de 6 ramas basales (NRC, 1989), de la misma manera en la Figura 4 podemos observar los eco tipos antes mencionados.

Tabla 1. Ecotipos de cañihua

Cañihua Lasta (Variedades de Igual tamaño)	Cañihua Saiwa (tallo mas Desarrollado y erecto)
Chilliwa, color rosado	Acallapi
Puca, color rojo	Puca
Morado, color oscuro	Morado
Condorsaya, color marron a gris	Condorsaya

Fuente: FAO (2000)

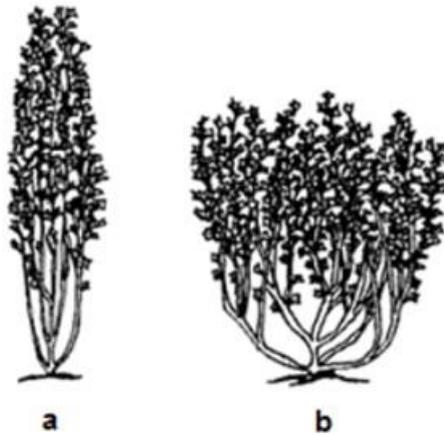


Figura 4. Ecotipos de cañihua Saiwa (a) y Lasta (b)

Fuente: Bioversity (2005)

2.1.6. VARIEDADES MEJORADAS POR EL INIA

Apaza (2010), menciona que el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha logrado obtener las variedades Ramis, Cupi e Illpa INIA, consideradas como las primeras a partir de métodos de mejoramiento por selección individual (panoja surco) y estudios de estabilidad de rendimiento.

2.1.6.1. VARIEDAD CUPI

En la Tabla 2 mencionamos las principales características de la cañihua variedad Cupi citado según Apaza (2010), además observamos fotografías del cultivo (ver figura 5).

Tabla 2. Características principales de la cañihua variedad Cupi

Habito de crecimiento	Saiwa
Altura de planta	60cm
Diámetro del tallo central medido en la parte media del tercio inferior de la planta en madurez fisiológica	4.0mm
Color de estrías	púrpura pálida
Color del tallo en madurez fisiológica de la planta	púrpura pálida
Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta	nueve
Cobertura vegetativa medida en madurez fisiológica, considerando la cobertura más ancha de la planta	24 cm.
Forma de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	Ancha ovada
Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	5 a 6
Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración	7mm.
Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	1.62cm.A
Ancho máximo de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	1.40 cm.
Color de la hoja a la madurez fisiológica	Púrpura pálida

Grado de dehiscencia cuando alcanza a la madurez fisiológica	Regular
Aspecto del perigonio la madurez fisiológica	Cerrado
Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica	Gris crema suave.
Color del epispermo	Café claro.
Diámetro del grano sin considerar el perigonio	1.0 a 1.1. mm.
Peso de 1000 granos	0.5510 gr.

Fuente: Apaza (2010)



Figura 5. Cañihua variedad Cupi

Fuente: Apaza (2010)

2.1.6.2. VARIEDAD RAMIS

En la Tabla 3 mencionamos las principales características de la cañihua variedad Ramis citado según Apaza (2010), además observamos fotografías del cultivo (ver figura 6).

Tabla 3. Características principales de la cañihua variedad Ramis

Habito de crecimiento	Saiwa
Altura de planta	52cm
Diámetro del tallo central	4.5mm
Color de estrías	púrpura
Color del tallo en madurez fisiológica de la planta	púrpura
Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta	Quince
Cobertura vegetativa medida en madurez fisiológica, considerando la cobertura más ancha de la planta	26 cm.
Forma de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	Ancha ovada
Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	3 a 5
Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración	8mm.
Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	2.03 cm.
Ancho máximo de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración	1.70 cm.
Color de la hoja a la madurez fisiológica	Púrpura pálida
Aspecto del perigonio la madurez fisiológica	Cerrado
Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica	Crema suave.
Color del epispermo	Café claro.
Diámetro del grano sin considerar el perigonio	1.0 a 1.1. mm.
Peso de 1000 granos	0.5511 gr.

Fuente: Apaza (2010)



Figura 6. Cañihua variedad Ramis

Fuente: Apaza (2010)

2.1.7. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL

La composición química de la cañihua dependerá mucho de la variabilidad genética material, edad de maduración de la planta, localización del cultivo y fertilidad del suelo (Tapia, 1990), algunos autores citan que la proteína de la cañihua puede llegar hasta el 18%, en cuanto a su calidad se determinará por el contenido de aminoácidos esenciales. La semilla de cañihua contiene una proteína completa, índice glucémico bajo y ofrece una amplia variedad de vitaminas y minerales nutricionalmente importantes superando a la quinua y otros cereales (Mangelson *et al.*, 2019).

También concentra grandes proporciones de calcio, magnesio, sodio, fósforo, hierro, zinc, vitamina E, complejo vitamínico B; por lo que los nutricionistas la comparan con la leche. El grano también tiene alto nivel de fibra dietética, y grasas no saturadas. Considerándose a esta especie como uno de los componentes estratégicos de la seguridad alimentaria, del cual se podrían elaborar productos innovadores en la industria alimentaria (Apaza, 2010).

Tabla 4. Características del valor nutritivo de 90 accesiones de cañihua

Componentes	Min.	Máx.	Media	SD
Proteínas (%)	12.76	19.00	16.12	1.55
Grasa (%)	2.11	14.50	7.46	1.96
Fibra (%)	5.45	11.12	8.41	1.16
Ceniza (%)	3.12	5.77	4.29	0.58
Carbohidratos (%)	45.72	67.70	56.91	5.33
Humedad (%)	4.68	14.70	10.37	1.76
Energía (Kcal/100g.)	324.54	396.42	358.92	20.52
Grano almidón (μ)	5.50	38.00	18.98	6.96
Azúcar invertid (%)	5.00	35.00	15.33	7.55
Agua empaste (%)	9.00	39.00	20.18	6.21

Fuente: (Rojas *et al.*, 2008)

2.2. PROPIEDADES FUNCIONALES

Son aquellos compuestos que aparte de nutrir aportan un beneficio para la salud, tienen efectos protectores, previenen enfermedades (cardiovasculares y cancerígenas) y poseen propiedades antioxidantes, estos compuestos se encuentran en general en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal pueden ser vitaminas y minerales como otros compuestos no nutrientes que inducen efectos metabólicos derivados de su actividad biológica. (Olmedilla & Granado, 2007).

2.2.1. ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son compuestos para retardar el inicio o disminuir la velocidad de oxidación (Alcazar, 2002), la importancia de este en la industria alimentaria radica en que son capaces de preservar los alimentos que los contiene y en el beneficio del aporte in vitro de antioxidantes esenciales (Pokorny *et al.*, 2005).



Los antioxidantes funcionan como defensa del cuerpo humano, estos inhiben o neutralizan el daño potencial ocasionado por los radicales libres. Se sabe que nuestro organismo no puede fabricar antioxidantes por ello es necesario consumirlos. Los antioxidantes más conocidos son la vitamina C, vitamina E, Beta-caroteno (en forma de vitamina A), Selenio (mineral). (Reardon, 2009).

2.2.1.1. ANTIOXIDANTES SINTÉTICOS

En la actualidad se tiene desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos, los más conocidos son los compuestos fenólicos como el hidroxianisol butilado(BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los esterres del ácido gálico (Pokorny *et al.*, 2005).

Desde el punto de vista de seguridad alimentaria son bastante cuestionadas y restringidas dado a que podrían desatar problemas carcinogénicos (Ito *et al.*, 1996, citado en Calsin, 2007), de acuerdo a la norma de uso de estos cuatro antioxidantes sintéticos están limitadas al 0.02% del contenido de grasa o aceite el alimento para disminuir el desarrollo del peróxido durante el almacenamiento.

2.2.1.2. ANTIOXIDANTES NATURALES

Es muy amplio mencionar antioxidantes naturales, pero en general el término se refiere a aquellas sustancias que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de plantas, animales y/o aquellos que se forman durante el cocinado o el procesado de compuestos alimenticios de origen vegetal y animal. La mayoría de estos antioxidantes son compuestos fenólicos y su eficacia depende de la reacción que hay entre hidrogeno fenólico con los radicales libres, además de la estabilidad de los radicales antioxidantes y de las sustituciones químicas presentes en su estructura básica (Pokorny *et al.*, 2005) (López *et al.*, 2013), despiertan mucho interés para la alimentación mundial actual debido



a que existen hallazgos que demuestran que estos compuestos bioactivos como el Ac. Gálico y Ac. Clorogenico se asocian con una inhibición de la actividad α – amilasa, responsable de la diabetes tipo 2 que actualmente es un problema de salud constante en las nuevas generaciones del 2021 (Coronado–Olano *et al.*, 2021).

2.2.2. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos están presentes mayormente en el reino vegetal, siendo muy importante en la dieta humana como animal. Según Álvarez-Jubetea *et al.* (2010) menciona que los polifenoles son metabolitos secundarios de la planta que juegan un papel importante contra la protección de radiación ultravioleta, agentes patógenos y herbívoros.

Estos compuestos en la actualidad son muy importantes para el mantenimiento de la salud humana, debido principalmente a la actividad antioxidante del contenido de compuestos fenólicos (Martinez Valverde *et al.*, 2000).

Dentro de los compuestos fenólicos, el grupo de los flavonoides (flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianinas y flavanonas) son los más importantes en los alimentos vegetales, proporcionándoles el flavor, color y textura (López *et al.*, 2013)

los flavonoides son los que predominan dentro del grupo de los fenoles, porque representan 2/3 de los fenoles consumidos en la dieta humana, esto debido al consumo de alimentos de origen vegetal con un rango aproximado de 25 mg a 1g por día, dependiendo del tipo de dieta (frutas, vegetales, granos, te, especias) (Robbins, 2003). Todo esto hace entender de la importancia de la ingesta de compuestos biológicamente activos en la dieta de los seres humanos (Hooper & Cassidy, 2006).



2.2.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS

La capacidad antioxidante de un alimento depende de su naturaleza y concentración. Existen muchas investigaciones que verifican esta capacidad e identifican compuestos activos, además la actividad de capacidad antioxidante es influenciada por diversos factores como: la región donde es cultivada, el solvente o técnica de extracción empleados, sustratos lipídicos utilizados en el ensayo (Frankel, 1998).

La actividad antioxidante corresponde a la razón constante de un solo antioxidante en contra de un radical libre dado, es decir la medida de los moles de un radical dado, reduciendo por la solución prueba independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Zheng & Wang, 2001). Se menciona además que un radical libre (RL) es cualquier especie química capaz de existir de forma independiente y que presenta uno o más electrones desapareados en su estructura (Franco & Moure, 2010). Son altamente reactivos, en bajas concentraciones son necesarios para el buen funcionamiento celular, sin embargo, un exceso puede producir acciones sobre el metabolismo de los principios inmediatos, que pueden ser origen del daño celular (García, 2005).

2.2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CAÑIHUA

Tang *et al.* (2015), identificó la composición de diferentes formas de compuestos fenólicos extraíbles y betacianinas de cultivares de quinua blanca, roja y negra, y cómo estos contribuyen a las actividades antioxidantes. Los resultados mostraron que al menos 23 compuestos fenólicos se encontraron en formas libres o conjugadas, liberados por hidrólisis alcalina y/o ácida. (ver figura 7).

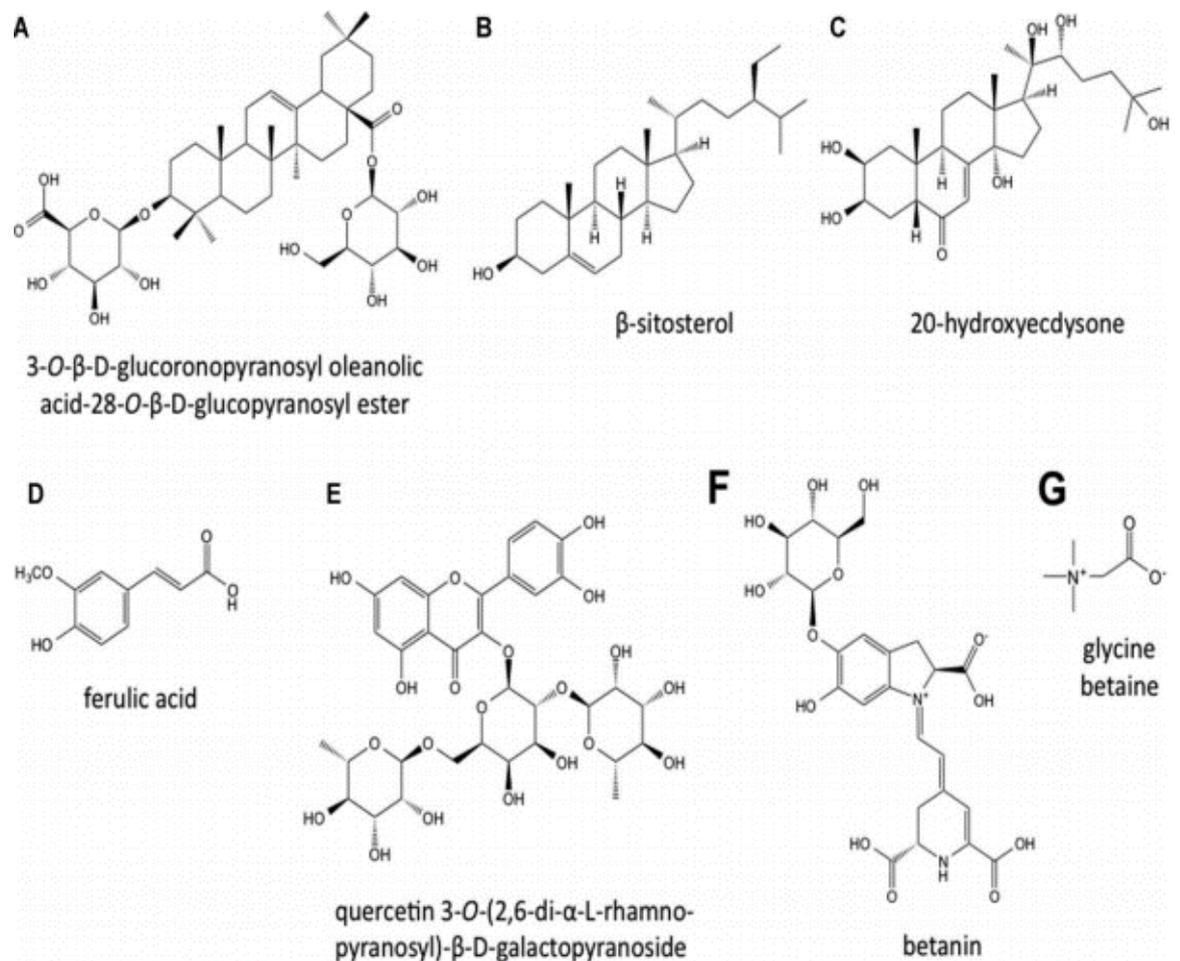


Figura 7. Estructuras químicas representativas de los principales metabolitos secundarios farmacológicamente activos presentes en las semillas de quinua. A: triterpeno saponina, B: fitosterol, C: fitoecdisteroide, D: ácido fenólico, E: flavonol glucosídico, F: betalaina, G: glicina betaina, G: glicina betaina.

Fuente: Graf et al. (2015).

Según estudios realizados se tiene que la cañihua es una excelente fuente de compuestos fenólicos y tiene una alta actividad antioxidante, por ejemplo, Repo-Carrasco y Encina (2008), estudio 11 variedades de cañihua, teniendo a la accesión Leghepito con mejor resultado para compuestos fenólicos totales y la variedad puka cañihua para capacidad antioxidante (ver tabla 5).

Tabla 5. Contenido de compuestos fenólicos (mg/ácido gálico/100 g) de distintas variedades de cañihua

Variedad/accesión	Compuestos fenólicos totales (mg/ácido gálico/100 g)	Capacidad antioxidante (μ g trolox/g)
Puka cañihua	78.29 \pm 0.54	1509.80 \pm 20.25
Cupi	81.10 \pm 0.90	1165.98 \pm 33.54
Illpa	77.39 \pm 0.87	1421.21 \pm 56.75
Ramis	73.53 \pm 0.37	1253.67 \pm 57.89
LPI	70.82 \pm 0.94	1468.04 \pm 11.02
Leghepito	85.71 \pm 0.47	1216.32 \pm 24.30
Chillihua	77.04 \pm 0.45	1347.85 \pm 3.97
PIK030030	77,99 \pm 2.17	1297.90 \pm 41.07
PIK030273	67.46 \pm 0.70	91.45 \pm 1.54
PIK030179	84.91 \pm 0.67	832.57 \pm 11.56
PIK030133	75.88 \pm 2.94	1362.16 \pm 65.98

Fuente: Repo-Carrasco y encina (2008)

2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALIMENTOS

La física es uno de los principios que gobierna la mayoría de los procesos en la industria alimentaria, se aprecia constantemente cambios en las operaciones unitarias, siendo muy importante estos cambios cuantitativos para el diseño y el análisis de procesos agroindustriales (por ejemplo, para el diseño de un molino se requiere sus propiedades físicas y mecánicas). Desde el punto de vista en ingeniería las propiedades físicas pueden



ser aprovechadas como guía para el diseño de equipos y métodos por ejemplo para la siembra, cosecha, procesamiento y control. También pueden ser usadas para la clasificación de forma, tamaño, densidad, textura, porosidad, color, elasticidad y conductividad eléctrica (Harmond & Brandenburg, 1965).

2.3.1. GRAVEDAD ESPECÍFICA

La gravedad específica de un cuerpo es la relación de su densidad con la densidad del agua, en consecuencia, corresponde al peso específico relativo del cuerpo, en relación al del agua, la gravedad específica es un valor sin dimensiones, numéricamente igual a la densidad expresada en gramos por centímetro cubico (Blatt, 1994).

2.3.2. DENSIDAD

La densidad es la masa de una sustancia o alimento contenida en una unidad de volumen (Alvarado &, Aguilera, 2001). En alimentos existen dos tipos de densidades las cuales son densidad real y densidad aparente (Lewis, 1993), Cuando la determinación se realiza en vacío, sin que exista efecto de flotación de aire, se le considera densidad real (Alvarado &, Aguilera, 2001).

2.3.2.1. DENSIDAD APARENTE

Cuando la determinación se realiza en presencia de aire; en consecuencia, se debe hacer la corrección que incluya el efecto de la temperatura, presión y humedad relativa del aire para expresarla como densidad absoluta (Alvarado &, Aguilera, 2001). El concepto de densidad en líquidos es fácil de comprender, pero los sólidos en forma particular (guisantes y polvos) tienen una densidad global, así como una densidad propia del sólido que debe considerarse. Los gases y vapores, al contrario de los líquidos y sólidos se considera que son compresibles. El estudio de la densidad en el procesamiento de alimentos es de gran importancia (Lewis, 1993).

2.3.2.2. DENSIDAD DE LOS SÓLIDOS

En alimentos granulados (granos, guisantes, harina, polvos, entre otros) además de leche, café y almidón, puede conocerse la densidad de cada unidad y/o el conjunto del alimento, que incluya el volumen del vacío entre las unidades individuales. La mayoría de los sólidos secos o polvos sin poros internos presentan densidades entre 1400 y 1500 kg/m³, puestos que las densidades de la mayoría de los componentes son razonablemente similares (Lewis, 1993). En la Tabla 6 se muestra valores de densidad de algunos cereales (Mohsenin, 1986).

Tabla 6. Valores de humedad, densidad real y densidad aparente de diferentes cereales

Cereales	Humedad (%)	Densidad Real	Densidad Aparente
Cebada	7.5 – 8.2	1374- 1415	565 -650
Avena	8.5 – 8.8	1350 – 1378	358 -511
Arroz	8.6 – 9.2	1358 – 1386	561 – 591
Trigo	6.2 – 8.5	1409 – 1430	790 -819

Fuente: (Mohsenin, 1986)

En la actualidad no existen estudios específicos de propiedades físicas para granos de cañihua orgánicas perladas y expandidas, sin embargo, a continuación, presentamos algunas propiedades físicas de la quinua como referencia.

Tabla 7. Densidades y porosidades de insuflados de quinua sin recubrimiento

Tratamiento	Densidad aparente (Kgm ³)	Densidad Real (Kgm ³)	Porosidad (g)
Materia prima	804±7.46	1259±20.36	0.36±0.01
Cañón expansor	95.8±3.16	218±13.61	0.56±0.04
Extrusor	237±4.78	859±37.57	0.72±0.01
Microondas	475±3.51	1039±39.58	0.54±0.01

Fuente: Zapana (2019)

2.4. AGROINDUSTRIA DE LA CAÑIHUA

las primeras investigaciones de la industrialización y transformación de la cañihua se realizan en Achata Cusco en 1975, donde se detalla el proceso tradicional de obtención de cañihuaco o pito de cañihua que es la harina de cañihua tostada y molida para su consumo directo (Tapia, 2017). Este alimento actualmente es muy conocido en los mercados locales de Cusco, Arequipa, Puno, Juliaca, entre otros. Su consumo es mayormente como sucedáneo instantáneo (refresco o desayuno nutritivo) preparado en agua hervida, añadiendo azúcar, miel y leche, esta harina se utiliza además en la elaboración de productos de panadería como galletas, tortas, panes entre otros. También se tiene harina de cañihua cruda para mantener el contenido de fosforo, proteínas y calorías, así mismo se realizan en pequeñas escala hojuelas, expandidos y germinados.

El centro promotor de granos andinos de Ayaviri en la región de Puno, ubicada a 3900 m.s.n.m. es uno de los pocos centros de investigación que desarrollan productos agroindustriales desde el año 2008, a pesar de ello se tiene aún mucha deficiencia y poco conocimiento de la industrialización a gran escala, tal como se realiza con la quinua actualmente, por ejemplo el lavado y tostado artesanal para la obtención de cañihuaco se conservan en su gran mayoría, lo cual dificulta tener una autorización sanitaria, mucho

menos un sistema de gestión de calidad e inocuidad alimentaria. Por ello es importante conocer y estudiar con mayor detalle este importante grano andino.



Figura 8. Lavado tradicional de cañihua



Figura 9. Secado a la intemperie de cañihua lavada



Figura 10. Tostado tradicional de cañihua para la obtención de cañihuaco.

2.5. PERLADO EN SECO HÚMEDO

Grano perlado se denomina al grano libre de perigonio y episperma, sin daño aparente en la morfología (Quiroga *et al.*, 2018).

Además, según la Norma Técnica Peruana 011.452 (2014), son los granos que han sido sometidos a operaciones de limpieza (lavado, desarenado y secado) y selección, obteniendo así un producto apto para su consumo y comercialización. A continuación, observamos granos de cañihua con perigonio y sin perigonio.

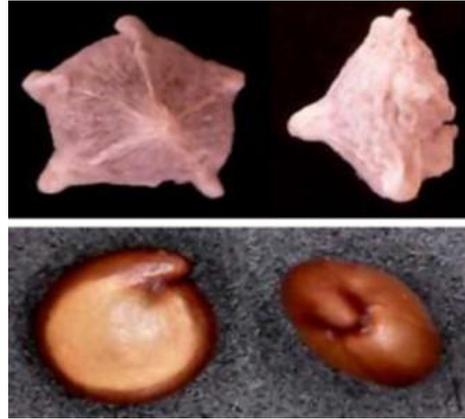


Figura 11. Granos de cañihua con y sin perigonio

Fuente: (Huiche, 2018)

2.5.1. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

Los granos de cañihua deben cumplir con los requisitos químicos proximal que se especifican en la Tabla 8.

Tabla 8. Requisitos químico proximal para cañihua perlada

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Min	Max	
Humedad	%	--	12.4	NTP 209.264
Proteína	%	13.1	--	NTP 209.262
Cenizas	%	--	5.9	NTP 209.265
Grasa	%	3.5	--	NTP 209.263
Fibra cruda	%	4	--	AOAC 945.18

El perlado en seco – húmedo es aquel procedimiento donde los granos de cañihua son sometidos a las operaciones de limpieza, sin necesidad de sumergir el producto en agua (humedad > 30%), además no requiere someter el producto a altos golpes de calor

por tiempos largos para su posterior secado, evitando además la contaminación cruzada cuando se seca a la intemperie. Sino más bien son sometidos después del escarificado es seco (pelado por rodillos) a un lavado leve y rápido con vapor por tiempos reducidos llegando a una humedad en el grano de 12-14%, evitando así el sumergimiento de las semillas en agua y su posterior secado artesanal o industrial hasta llegar a una humedad de 11% aproximadamente. En la Figura 12, presentamos un sistema de lavado a vapor que consiste básicamente en un elevador por cangilones, una mezcladora, una pulidora, un serpentín de transporte neumático y una mini secadora.



Figura 12. Sistema de lavado a vapor.

2.6. EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN

Se refiere al proceso de caída de presión el cual involucra una repentina transferencia de masa de vapor sobrecalentado en un espacio de baja presión. Como se sabe el almidón se encuentra en el endospermo de los granos (cereales) en forma de corpúsculos, discretos, redondeados o poliédricos, denominados ‘gránulos’, dichos gránulos son sometidos por encima de la temperatura de gelatinización y a una presión por encima de 150 lb/pulg², es en este momento que el granulo pierde su estructura

organizada rompiendo puentes de hidrogeno, aumentando la penetración de moléculas de agua en el granulo , las cuales se asocian a grupos de hidroxilos liberados durante el proceso. El proceso continua hasta que se alcanza la viscosidad máxima en cuyo momento las fuerzas de cohesión que mantiene la estructura del grano se debilitan hasta el punto que se pierde su integridad. Ello origina un aumento progresivo del volumen del grano y mediante el escape rápido del vapor de agua se logra un producto inflado y poroso. (Chávez, 1990, citado en Tacora, 2010).

En la Tabla 9 se presentan algunos valores de presión de referencia para la expansión de diferentes granos empleando la máquina tipo “cañón”, aquí se muestra la presión requerida para apagar el soplete y la presión para liberar el producto. Estos valores son utilizados en Lima, la cual se encuentra a nivel del mar y por lo tanto al abrir la tapa del equipo para liberar el producto la presión baja drásticamente del valor indicado para cada producto a la presión atmosférica a nivel del mar que es de 14,69 psi.

En Puno según el Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia de Peru (SENAMHI) la presion atmosferica es de 9.42 psi en promedio, esto indica que la diferencia de presión entre Lima y Puno es de 5,27 psi.

Tabla 9. Presiones para expandidos por explosión de algunos alimentos

Grano	Presion para apagar el soplete (psi)	Presion para liberar el producto (psi)
Arroz	80	110
Café	160	200
Fideos	80	140
Habas	70	110
Maiz de pollo	120	170
Trigo resbalado	120	170

Fuente: Huamani (2019)



Las condiciones exactas de la etapa de expansión tienen efectos importantes sobre el sabor y la estabilidad del producto. Dentro del cañón se alcanzan temperaturas de 180 °C o mayores.

2.6.1. EQUIPO EMPLEADO - CAÑÓN MANUAL DE DISPARO SIMPLE

En el cañón manual de disparo simple los granos son introducidos por la boca de abertura del cañón y la tapa es cerrada y sellada mediante un sistema de agarradera y ajuste. Cuando el cañón empieza a girar se suministra calor por uno de los lados del cuerpo del equipo, esto hace que la humedad interna del grano se convierta en vapor. Cuando la presión interna de la cámara de expansión alcanza una presión determinada en un tiempo de 8 a 10 minutos, la tapa es abierta y el repentino cambio de presión ocasiona la expansión del grano y su explosiva descarga a una cámara de recolección.

El equipo empleado pesa aproximadamente 100 kg. Este peso permite, por inercia, contrarrestar la gran fuerza de reacción que existe en el momento de liberación del producto. Sus medidas son 0,61 m de largo, 0,40 m de ancho y 0,76 m de alto. Está pintada con una pintura resistente a altas temperaturas continuas de 538 °C y temperaturas no continuas de 649 °C, siendo recomendada para las tuberías de vapor de las industrias en general. La capacidad de producción de la máquina es aproximadamente 1 kg de producto por cada batch y la presión máxima de operación recomendada es de 220 psi (Huamaní 2019).

El proceso de expandido por explosión influye positivamente en el contenido de polifenoles totales de la Cañihua, esto se debe a los productos de la reacción de maillard formados durante el calentamiento, de la misma manera el comportamiento de la capacidad antioxidante tiene relación con el contenido de polifenoles, por tanto,

podríamos decir que el contenido de estos últimos son un buen indicador de la capacidad antioxidante. (Kaur & Kapoor, 2001 citado por Tacora *et al.*, 2010)



Figura 13. Cañón expansor de un solo disparo modelo Boliviano.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en la planta de producción de la Cooperativa Agroindustrial Cabana Ltda. (COOPAIN CABANA), ubicado en el distrito de Cabana, Provincia de San Román, departamento de Puno a 9.42 psi de presión atmosférica y 3901 m.s.n.m. para el desarrollo de las tecnologías de procesamiento (perlado en seco-húmedo y expandido por explosión).

El análisis de CFT, AA y químico proximal se realizó en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), en los laboratorios de cromatografía, espectrometría y química del departamento académico de Ciencias respectivamente.

Finalmente, los análisis de propiedades físicas se desarrollaron en el INIA – PUNO.

3.2. MATERIA PRIMA

Se utilizaron dos variedades de cañihua orgánica (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Cupi y Ramis, las cuales fueron adquiridas de la zona de silarani, distrito de Cabana, las variedades fueron seleccionadas de dos parcelas certificadas en el Master orgánico 2018-2019 (ver Anexo 30) por la empresa certificadora Kiwa BCS Oko-Garantie GmbH, perteneciente a un agricultor semillerista.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Vasos precipitados (50 ml, 800 ml y 250 ml).



- Probetas (10, 20 y 100 ml).
- Pipetas volumétricas (1, 5 y 10 ml).
- Micro pipetas (100 μ l y 500 μ l).
- Tubos de ensayo de 20 ml.
- Placas Petri.
- Luna reloj.
- Fiola de pírrex de 10 ml.
- Gradillas de plástico.
- Pinza.
- Mesa de trabajo.

3.3.2. EQUIPOS Y/O MAQUINARIAS

- Zaranda de Pre limpieza marca INNOVA, capacidad de 600 kg/h, con medidas de mallas (>2.00 mm;<1.00 mm).
- Despedradora material acero inoxidable, marca INNOVA, capacidad de 600 kg/h.
- Escarificadora de fricción, tipo seco, de acero inoxidable, marca INNOVA, capacidad de 500 kg/h.
- Sistema de lavado a vapor, tipo seco-húmedo (mezcladora, pulidora, mini secadora), de acero inoxidable, marca INNOVA, capacidad de 500 a 1000 kg/h.
- Mesa gravimétrica de acero inoxidable, marca INNOVA, capacidad de 500 a 1000 kg/h.
- Cañón expansor con tapa de teflón con capacidad de 1.00 kg, en acero inoxidable, modelo Boliviano.



- Centrifuga DYNAC 420101, USA.
- Espectrofotómetro Genesis 20 Thermo Electron.
- Espectrofotómetro Absorción Atómica Varían AA240FS.
- Agitador magnético MicroMix Potencia 12 W. Rango de velocidad 200-1500 rpm. Resolución 20 rpm.
- Estufa tipo mufla Lindberg/blue.
- Analizador de humedad Delver modelo HD-1021-USB serie 212 203 094 Industria Argentina Mercosur.
- Balanza universal de Mohr Westphal.
- Balanza Analítica METTLER TOLEDO.
- Balanza Electrónica Henkel Serie KG 25550.
- Equipo de destilación Kjeldahl.
- Termómetro Digital SH-104.
- Equipo de extracción Soxhlet de 250 ml.

3.3.3. REACTIVOS

- DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo).
- Agua destilada.
- Agua desionizada.
- Folin Ciocalteau 2N.
- Persulfato de potasio.
- Ácido gálico para síntesis masa molecular 170.12 g/mol.
- Solución de ácido sulfúrico 0.255N.



- Solución de hidróxido de sodio 0.313N, libre de carbonato de sodio.
- Alcohol etílico al 96% (V/V).
- Solución de ácido clorhídrico al 1% (V/V).

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó de acuerdo a los diagramas experimentales mostrados en las Figuras 14 y 15 donde podemos observar los procesos agroindustriales de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión.

3.4.1.1. PERLADO EN SECO – HÚMEDO

- **Recepción de materia prima:** se realizó el pesado y la verificación de la calidad sensorial/organoléptico de la materia prima por variedad, los cuales se adquirieron de las zonas de silarani. Cada variedad tuvo un peso de 50 kg.
- **Pre limpieza:** operación unitaria que consistió en el zarandeo del producto, para eliminar impurezas mayores y menores, se usaron zarandas con mallas de tamaño >2 mm y <1 mm.
- **Despedrado I:** posteriormente se usó una despedradora tipo mesa de acero inoxidable marca INNOVA para la separación de piedras, piedrecillas y arenilla.
- **Escarificado:** se usó una escarificadora de fricción tipo rodillo de acero inoxidable, marca INNOVA, donde se removió el perigonio y endospermo de la cascara (pericarpio) para disminuir principalmente la presencia de elementos tóxicos y agentes microbianos que pudieran existir en el producto.
- **Lavado en vapor:** se realizó en un sistema que consistió en un elevador cangilón para alimentar el producto escarificado, posterior a ello se realizó la mezcla en un



silo que se alimenta de producto y vapor generado por un caldero a leña, luego el producto pasó por una pulidora de fricción tipo rodillo, luego se trasladó por serpentines y mini secadora para disminuir la humedad en tiempos cortos. Este sistema de lavado en seco-húmedo evita la inmersión del producto en agua y su posterior secado artesanal o industrial por tiempos largos, es ideal para productos que no cuenten con saponina (quinua negra, roja, kiwicha, otros).

- **Despedrado II:** se pasó por una segunda despedradora, tipo mesa de acero inoxidable marca INNOVA, para el aseguramiento de la calidad e inocuidad del producto, ya que existieron piedrecillas de tamaño menor a la cañihua con pesos reducidos.
- **Selección gravimétrica:** una vez lavado y despedrado el producto, se realizó la selección en una mesa gravimétrica de acero inoxidable marca INNOVA, la operación consistió en separar y/o dar un mejor acabado sensorial al producto (disminución de granos partidos, granos livianos, piedrecillas, grano menudo, impurezas en general).
- **Pesado, envasado y etiquetado:** finalmente se obtuvo un producto terminado, la cual para fines de estudio se pesaron en una balanza electrónica capacidad de 1 kg, envasaron en bolsas de polietileno transparente y etiquetaron adecuadamente.

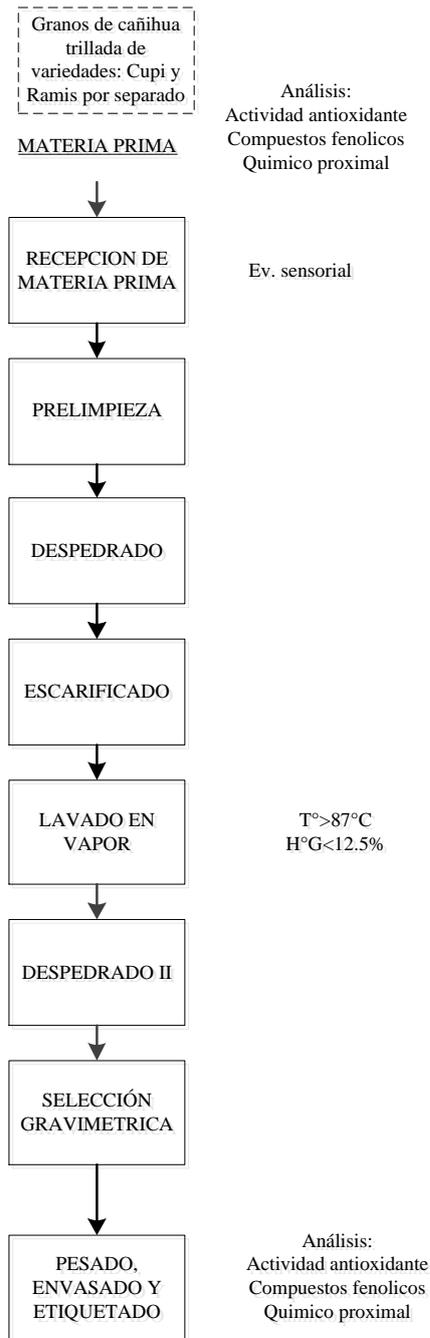


Figura 14. Diagrama de flujo para la obtención de cañihua perlada

3.4.1.2. EXPANDIDO POR EXPLOSIÓN

- **Recepción de materia prima:** se realizó el pesado y la verificación de la humedad del grano perlado con la finalidad de saber la cantidad de agua requerida para la posterior humidificación.



- **Pesado y humidificación:** se pesó 1 kg de cañihua perlada, luego se añadió 10 ml de agua, se dejó orear en temperatura ambiente hasta alcanzar una humedad de 17%.
- **Pesado y alimentación:** al añadir agua al producto el peso varió, es por ello que se volvió a pesar 1 kg de Cañihua perlada, esto porque el cañón tiene una capacidad de 1 kg/batch.
- **Calentamiento:** una vez alimentado el producto en el cañón, se procedió a calentar el cañón a fuego voraz mediante el uso del soplete, generado por gas GLP, la cual genera presión de vapor en el interior, el calentamiento se realizó hasta que la presión alcance 150 psi.
- **Expansión por explosión:** una vez alcanzado la presión de 150 psi se apagó el fuego, se abrió rápidamente la tapa de teflón ocasionando así una explosión, esto por la volatilización súbita de la humedad interna y la caída de presión del cañón a presión ambiente.
- **Pulido y tamizado:** al expandirse los granos de cañihua tuvieron cascara, el cual se pulió en una maquina tipo escarificadora, posteriormente se pasó por una malla de tamizaje <1.3 mm para tener granos uniformes y tamaño promedio.
- **Pesado, envasado y etiquetado:** finalmente se obtuvo un producto terminado, la cual para fines de estudio se pesaron en una balanza electrónica capacidad de 1 kg, envasaron en bolsas de polietileno transparente y etiquetaron adecuadamente.

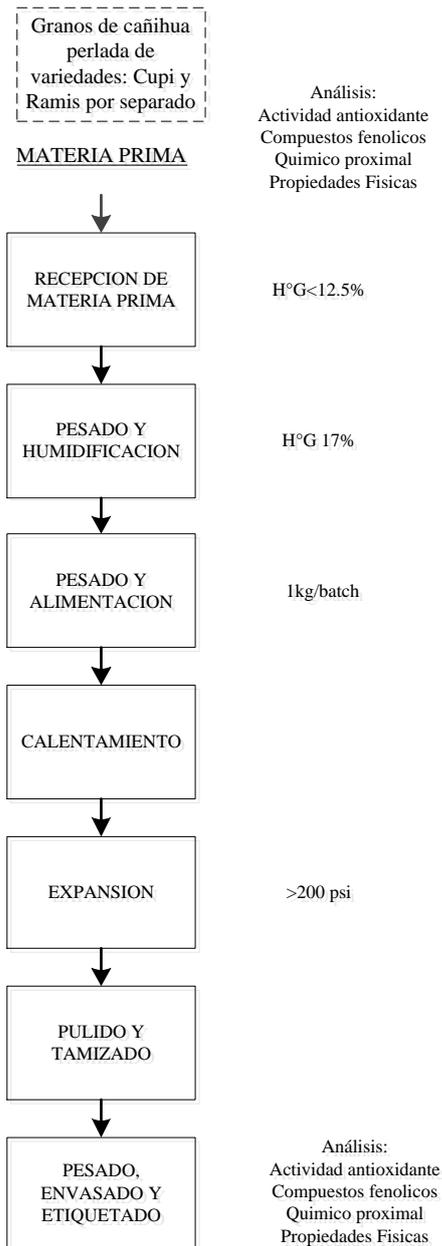


Figura 15. Diagrama de Flujo para la obtención de cañihua expandida.



3.5. UNIDADES DE ANÁLISIS.

3.5.1. Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis.

3.5.1.1. Variables de estudio

- Variedades de cañihua (Cupi y Ramis)
- Tipo de proceso (grano trillado, perlado en seco-húmedo y expandido por explosión)

3.5.1.2. Variables de respuesta

- Actividad antioxidante (μmol Trolox equivalente/g.m.s)
- Compuestos fenólicos (mg ácido gálico/100 g.m.s)



3.5.2. Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades químico proximal (proteína, humedad, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos) de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis

3.5.2.1. Variables de estudio

- Variedades de cañihua (Cupi y Ramis)
- Tipo de proceso (grano trillado, perlado en seco-húmedo y expandido por explosión)

3.5.2.2. Variables de respuesta

- Humedad (%)
- Grasa (%)
- Ceniza (%)
- Proteína (%)
- Carbohidratos (%)
- Fibra (%)



3.5.3. Evaluar y comparar el efecto del uso de las tecnologías de perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades físicas (gravedad específica, densidad real, densidad aparente y porosidad) de dos variedades de cañihua orgánica Cupi y Ramis

3.5.3.1. Variables de estudio

- Variedades de cañihua (Cupi y Ramis)
- Tipo de proceso (grano trillado, perlado en seco-húmedo y expandido por explosión)

3.5.3.2. Variables de respuesta

- Gravedad específica (Kg/m^3)
- Densidad real (Kg/m^3)
- Densidad aparente (Kg/m^3)
- Porosidad (g)

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.6.1. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La determinación de la actividad antioxidante se desarrolló en las instalaciones de laboratorio de cromatografía y espectrometría de la Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco (UNSAAC), Se utilizó el método DPPH, metodología desarrollada por Brand – Willians *et al.* (1995), que consiste en la reacción del radical DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo), los cuales se disuelven en metanol al 80%, Para la lectura se usó un espectrofotómetro marca Génesis 20 Thermo Electron, con una longitud de onda de 715 nm, teniendo una ecuación de curva patrón:



$Y = 0.046X - 0.0174$, $R^2 = 0.9935$, los resultados se expresaron en Trolox
CI50 mg/1g de cañihua.

La ecuación utilizada para calcular el porcentaje de inhibición del radical
DPPH al 50% fue:

$$\% \text{ de Inhibición} = \frac{\text{Absorbancia control} - \text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control}} \times 100$$

3.6.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

De la misma forma que la actividad antioxidante se utilizó el método
espectrofotométrico general Folin – Ciocalteu, estudiada por Singleton *et al.* (1999),
el cual consiste en una mezcla de ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico de color amarillo
y es a partir de la mezcla de ambos ácidos que se producen iones reductores de molibdato
y tungsteno, la reacción se lleva en condiciones básicas (pH 10), con la finalidad que se
genere un ion fenolato que reduce la mezcla mediante una reacción de tipo
oxido/reducción y genere la formación de un complejo de Mo (V) que representa una
coloración azul.

la lectura se llevó a cabo en el espectrofotómetro marca Génesis 20 Thermo
Electron a una longitud de onda de 765 nm y además se llevó en 0 nm con la solución de
metanol, su ecuación de curva patrón fue: $Y = 0.0313X + 0.0018$, $R^2 = 0.999$, los resultados
se expresaron en EQ-Ac.Galico mg/g cañihua.

El contenido de compuestos fenólicos totales se calculó con la siguiente
ecuación:

$$PT \text{ mg} \frac{AG}{100gr} = \frac{L \times Vaforo \times FD \times 100}{masa \text{ muestra}}$$

Donde:



PT: Expresado en mg AG/100 g muestra

L: Lectura (mg)

Vaforo: Volumen de aforo (ml)

FD: Factor de dilución

3.6.3. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

3.6.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Para la determinación de humedad se realizó el método gravimétrico universal 925.23 de la AOAC (1995), el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra a 80°C, hasta peso constante, la ecuación para su determinación es el siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Donde:

P1= Peso inicial

P2=Peso final

3.6.3.2. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Para el contenido de proteínas se utilizó el método de la AOAC. (1995), método Semimicro Kjeldahl que proporciona la materia nitrogenada total, consiste de tres etapas: digestión, neutralización y titulación, su ecuación matemática utilizada es:

$$\% \text{ Proteinas} = \frac{(Vg \times N \times 14 \times 100)}{(100 \times M)} \times F$$

Donde:

Vg = volumen gastado de H₂S₀₄ (0.01N)



N= Normalidad del H₂SO₄ (0.01N)

M= Masa de muestra (g)

F= Factor de conversión para proteínas (6.25)

3.6.3.3. DETERMINACIÓN DE GRASA

Se realizó mediante el método 961.15 de la AOAC (1995) – Método de Soxhlet, se basa en la extracción de grasas por la hidrolización con ácido clorhídrico diluido, la materia seca grasa se extrae con éter, el solvente se evapora y el residuo se pesa, su ecuación matemática es el siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso de matraz con grasa} - \text{Peso de matraz vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.3.4. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se determinó mediante el método gravimétrico 942.05 de la AOAC (1995), el cual se basa en la incineración de la materia orgánica para la obtención de residuos a una temperatura de 600°C, hasta peso constante, la ecuación para su determinación es el siguiente:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.3.5. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Se determinó mediante el método 962.09 de la AOAC (1995), la muestra exenta de grasa se trata con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio de concentraciones conocidas. El residuo se separa por filtración, lavado, desecado y pesado, luego se determina su pérdida de masa por calcinación a 550°C, su ecuación matemática es la siguiente:



$$\% \text{ Fibra Bruta} = \frac{((MI - MF) - M2)}{M} \times 100$$

3.6.3.6. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

Para determinar los carbohidratos se realizó mediante la diferencia de los resultados antes mencionados menos el 100 %, su ecuación matemática es:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\%H + \%C + \%P + \%G + \%FC)$$

Donde:

%H= porcentaje de humedad

%C= porcentaje de cenizas

%P= porcentaje de proteínas

%G= porcentaje de grasa

%FC= porcentaje de fibra cruda.

3.6.4. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS.

3.6.4.1. DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA

Se determinó mediante el método descrito por Ramírez (2012), donde se hace uso de la balanza universal de Mohr Westphal. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

- Se colocó las muestras dentro del hundidor de malla metálica, esto a la vez en un platillo de inmersión
- Se reemplazó en el platillo porta pesas los 20g alejados, el cual volvió a equilibrar la posición de la balanza



- Se sustrae así de los 20g, la suma de las pesas colocadas en el platillo porta pesas, de esta manera se obtiene el peso de la muestra.
- A continuación, se sumergió la muestra sobre el platillo de inmersión en el vaso precipitado (800ml) contenida de agua destilada a 20°C, desequilibrando así la balanza
- Con el objetivo de reestablecer el equilibrio, se suspende la pesa de comprensión en el gancho, luego se equilibra la balanza con ayuda de las pesas corredizas
- El valor numérico leído en la posición de las pesas corredizas corresponde a la pérdida de peso de la muestra examinada.
- Se registra el peso y se hace uso de la ecuación propuesta por Mohsenin (1986)

$$Ge \text{ Muestra} = \frac{(W_a)_{muestra}}{(W_a - W_w)} (\text{hundidor y muestra} - (W_a - W_w)_{\text{hundidor}}) \times Ge \text{ Agua}$$

Donde:

Ge= Gravedad específica

Wa= Peso en el aire

Ww= Peso en el agua

3.6.4.2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD REAL

Se determinó por el método descrito por Ramirez (2012), esta consiste en función a la gravedad específica de la ecuación anterior, considerando la relación que existe entre la densidad de la muestra entre la densidad del agua (Blatt, 1994), su ecuación matemática es la siguiente:



$$G_s = \frac{\rho \text{ muestra}}{\rho \text{ agua}}$$

$$\rho \text{ muestra} = G_e \times \rho \text{ agua}$$

Donde:

G_s= Gravedad específica

ρ = Densidad

3.6.4.3. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE

De igual manera se determinó por el método estudiado por Ramírez (2012), el cual se basa en el pesado de la masa de grano contenida en un volumen definido (Lewis, 1993), para cada variedad. Su ecuación matemática es la siguiente:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

3.6.4.4. DETERMINACIÓN DE POROSIDAD

Finalmente, para determinar la porosidad se usó la relación citada por Lewis (1993), el cual también fue estudiada por Ramírez (2012), donde se utilizan los datos de densidad real y densidad aparente de la muestra obtenidos anteriormente, cuya ecuación matemática es la siguiente:

$$G_s = \frac{\rho \text{ muestra}}{\rho \text{ agua}}$$

$$\phi = \frac{(1 - \rho \text{ aparente})}{\rho \text{ real}}$$

Donde:

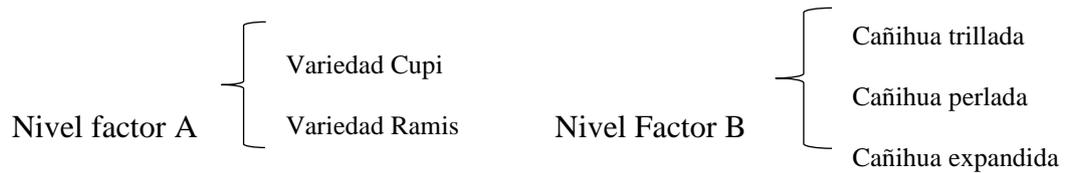
G_s= Gravedad específica

ϕ = Porosidad

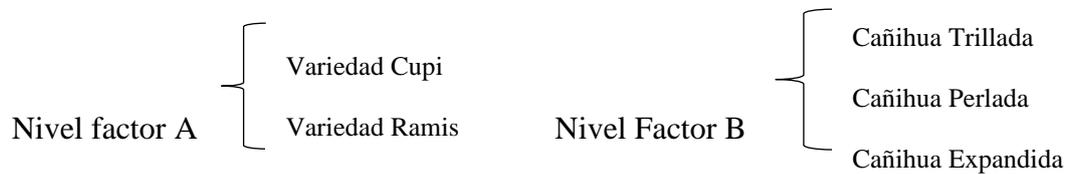
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis se hizo en 4 grupos generales:

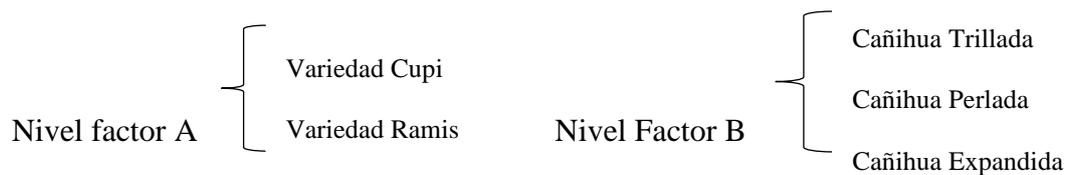
- **Actividad antioxidante:** tipo de estudio = factorial 2x3



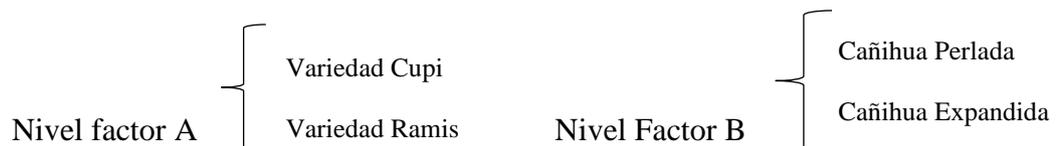
- **Compuestos fenólicos totales:** tipo de estudio = factorial 2x3



- **Químico-proximal:** tipo de estudio = factorial 2x3



- **Propiedades físicas:** tipo de estudio: factorial 2x2



El modelo matemático usado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$



$i = 1, 2$ niveles de variedades (Cupi y Ramis)

$j = 1, 2, 3$ (Tipo de proceso: trillado, perlado, expandido)

$l = 1, 2, 3$ (Repeticiones)

Donde.

μ = es la media general

α_i = es el efecto debido al i -ésimo nivel del factor A. (Cupi y Ramis)

β_j = es el efecto del j -ésimo nivel del factor B (trillado, perlado, expandido)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = representa el efecto de la interacción en la combinación ij , y ϵ_{ijk} es el error aleatorio que, se supone, sigue una distribución normal con media cero y varianza constante σ^2 ($N(0, \sigma^2)$) y son independientes entre sí.

Para determinar las posibles diferencias entre los tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de significancia y el test de tukey ($P \geq 0.05$) para determinar las posibles diferencias entre los tratamientos y su interacción. Se trabajó con el software estadístico Minitab 18.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

En la Tabla 10 se observa los resultados de la actividad antioxidante (AA), medida en μM Trolox eq/g.m.s. de las dos variedades de cañihua orgánica (Cupi y Ramis), los resultados muestran el promedio de 3 repeticiones y sus respectivas desviaciones estándar, los valores se muestran además en el Anexo 1.

Tabla 10. Contenido de Actividad antioxidante del grano cañihua orgánica trillada

Variedad	Actividad antioxidante
	μM Trolox eq/g.m.s ($\bar{X} \pm S$)
CUPI	1864.33 ± 6.014^a
RAMIS	1807.33 ± 4.021^b

\bar{X} : Promedio de 3 repeticiones DS: Desviación estándar

De los resultados obtenidos en la Tabla 10 se puede observar que para la variedad Cupi trillada se tiene $1864.33 \mu\text{M}$ Trolox eq/g.m.s. este resultado está por encima de lo hallado por Repo-Carrasco y Encina (2008), el cual reportó para la misma variedad $1165.98 \mu\text{M}$ Trolox eq/g, así mismo Huamaní (2018), reporta $1300 \mu\text{M}$ Trolox eq/g para la variedad roja (cóndor saya) el cual es parecida a la variedad Cupi por su tonalidad de color vino, de la misma manera Torres (2019), reporta $1166.58 \mu\text{M}$ Trolox eq/g para cañihua procedente de Puno.



De la misma forma para la variedad Ramis trillada se encontró 1807.33 μM Trolox eq/g.m.s de AA, el cual al igual que el caso anterior es mayor a lo hallado por Repo-Carrasco y Encina (2008), que obtuvo para la misma variedad 1253.67 μM Trolox eq/g. de AA, sin embargo Huamaní (2018), reporta para el ecotipo Chilliwa (plomo claro) parecida a la variedad Ramis 3750 μM Trolox eq/g, valor mucho mayor a lo hallado en el presente estudio.

Estas diferencias se pueden deber a los factores ambientales tales como clima, luminosidad, radiación UV, temperatura, humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, prácticas agronómicas y variado estrés (Connor *et al.*, 2002, citado por Pesantes & Tejada, 2021).

Los resultados además muestran una diferencia significativa entre las dos variedades estudiadas (ver anexo 5.1), teniendo a la variedad Cupi trillada con mejor valor de AA con respecto a la variedad Ramis, esto se puede deber a la tonalidad color vino de la variedad Cupi, con respecto al tono oscuro de la variedad Ramis (Anexo 25), esto se apoya por ejemplo a lo hallado por Macavilca (2019), donde demostró que existe relación directa del color de las quinuas con la AA.

Por otro lado, si comparamos estudios de Mamani (2015), Quispe (2016), Repo-Carrasco y Encina (2008) referente a otros granos andinos como la quinua (5 μM Trolox eq/g para variedades de quinuas blancas y 27.94 a 1500 μM Trolox eq/g para variedades oscuras) y kiwicha (hasta 660.37 μM Trolox eq/g), confirmamos que la cañihua es un grano andino altamente potencial en cuanto a AA.

Finalmente, Quispe (2016), halló un mejor valor de AA cuando comparó quinua orgánica procedente de Puno frente a quinua convencional procedente de Arequipa, por lo que hace predecir que las cañihuas orgánicas cultivadas en el altiplano pueden tener un

mejor comportamiento de AA que las cañihuas convencionales cultivadas en la costa o a menores altitudes sobre el nivel del mar, esto porque al tener la planta cultivada a más de 3901 m.s.n.m (condiciones extremas) se secretan mucho mejor los polifenoles, incluyendo los ácidos fenólicos, flavonoides y taninos responsables de la AA, los cuales contribuyen a diversas actividades fisiológicas del cultivo como antimicrobianas, antiinflamatorias, antitumorales y efectos anticancerígenos (Tang *et al.*, 2015). Por el contrario, las cañihuas cultivadas convencionalmente (uso de pesticidas, plaguicidas, abonos inorgánicos) no tienen dificultad para su desarrollo por lo que secretaría menos compuestos fenólicos (Mujica *et al.*, 2011, citado por Quispe, 2016).

4.1.2. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

Los resultados de los compuestos fenólicos totales (CFT) para las muestras de cañihua trillada orgánica se muestran en la Tabla 11, expresadas en mg Ac.Galico/100 g.m.s. Estos resultados muestran el promedio de 3 repeticiones y sus respectivas desviaciones estándar, los valores se muestran además en el Anexo 2.

Tabla 11. Contenido de compuestos fenólicos totales del grano cañihua orgánica trillada

Variedad	Compuestos fenólicos totales
	mg Ac.Galico/100 g.m.s. ($\bar{X} \pm S$)
CUPI	235 \pm 1.393 ^a
RAMIS	211.87 \pm 1.818 ^b

\bar{X} : Promedio de 3 repeticiones DS: Desviación estándar

De los resultados hallados en la Tabla 11, mediante la metodología Folin Ciocalteu se observa un valor de 235 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para la variedad Cupi



y 211.87 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para la variedad Ramis, estos resultados se acercan a los hallados por Torres (2019), donde reporta para cañihua grano procedente de Puno 230.25 mg Ac.Galico/100 g de CFT, así mismo Huamaní (2018), reporta resultados relativamente inferiores de 190 y 140 mg Ac.Galico/100 g de CFT para las variedades Roja y Chilliwa.

Por otra parte se reportaron resultados muy inferiores, por ejemplo Repo-Carrasco y Encina (2008), halló 81.10 y 73.53 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para las variedades Ramis y Cupi respectivamente, así mismo Luna (2015), reportó 70.18 y 63.25 mg Ac.Galico/100 g de CFT para las accesiones PIK 030413 y PIK 030133 respectivamente. Las diferencias de los resultados obtenidos con otros autores se podrían deber a factores ambientales tales como clima, luminosidad, radiación UV, temperatura, humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, practicas agronómicas y variado estrés (Connor *et al.*, 2002, citado por Pesantes & Tejada, 2021) y las accesiones utilizadas para la determinación.

De la Tabla 11 también se puede observar que existe diferencia significativa entre las dos variedades (ver anexo 6.1) respecto a los CFT, teniendo a la variedad Cupi con mejor resultado, esto se puede deber a la pigmentación de color granate y púrpura que representa la variedad Cupi con respecto al color negro de la variedad Ramis (ver anexo 25). De la misma manera la cañihua sobresale entre los granos andinos tales como la quinua y kiwicha, por ejemplo Mamani (2015), Quispe (2016), reportan valores de hasta 67.46 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para quinuas blancas y 78.85 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para quinuas negras, de igual manera Repo-Carrasco y Encina (2008), presentan 139 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para quinuas oscuras-rojas y 30.41 mg Ac.Galico/100 g. de CFT para kiwichas. Por lo tanto podemos corroborar lo afirmado por Adbderrahim *et al.* (2012), que menciona que la cañihua al igual que su AA es un grano andino rico en

CFT, lo que confirmaría que los cultivos bajo condiciones extremas en la región del altiplano son una fuente natural de alimentos funcionales y/o nutraceuticas, además a esto se apoya lo mencionado por Quispe (2016), que halló una diferencia de hasta 28% de más en compuestos fenólicos cuando comparo quinua orgánica procedente de Puno frente a quinua convencional procedente de Arequipa de las variedades Salcedo INIA, por lo que hace predecir que las cañihuas orgánicas cultivadas en altitudes mayores a 3500 m.s.n.m tendrían un mejor comportamiento frente a cultivos sembrados en la costa y/o menores altitudes.

4.1.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE CAÑIHUA

En la Tabla 12 se muestran los resultados de análisis químico proximal para las cañihuas trilladas orgánicas de las variedades Cupi y Ramis, los resultados se expresan en porcentaje de humedad, porcentaje de proteína, porcentaje de grasa, porcentaje de ceniza, porcentaje de fibra y porcentaje de carbohidratos, estos resultados además se presentan en el Anexo 3A y 3B.

Tabla 12. Composición proximal del grano de cañihua orgánica Trillada

Componente	CUPI	RAMIS
	Porcentaje (b.s) ($\bar{X} \pm S$)	Porcentaje (b.s) ($\bar{X} \pm S$)
humedad	12.72 \pm 0.090	12.74 \pm 0.090
proteína	13.69 \pm 0.085 ^b	14.13 \pm 0.057 ^a
grasa	7.47 \pm 0.071 ^a	6.68 \pm 0.108 ^b
ceniza	3.67 \pm 0.015 ^b	4.46 \pm 0.029 ^a
fibra	9.23 \pm 0.088 ^b	10.39 \pm 0.322 ^a
carbohidratos	53.22 \pm 0.178 ^a	51.60 \pm 0.532 ^b

\bar{X} : Promedio de 3 repeticiones DS: Desviación estándar



De los resultados obtenidos en la Tabla 12 se puede afirmar que la variedad no tiene efecto en la humedad del grano trillado (ver anexo 7), estos resultados en materia prima además son cercanos a los hallados por Betalleluz–Pallardel *et al.*, (2017), con 11.9%, Castillo (2010), con 11% en la variedad Cupi, Bartolo (2014), con 10.2% en la variedad Cupi, Huamaní (2018), con 11.5% y 12.3% en los ecotipos rojo y chilliwa respectivamente, Torres (2019), con 9.96% y finalmente Diana *et al.* (2014), con 10.8%. La humedad como se sabe es el porcentaje de agua encontrado en el grano de cañihua, por lo general estos luego de ser cegados (cortados y cosechados) en el campo, se emparvan durante 1 semana para ser secados, luego son trillados, venteados, zarandeados (actividades de pos cosecha) teniéndose una humedad de grano trillado final de 8-13% dependiendo del tiempo de emparvado y actividades de pos cosecha.

Seguidamente los valores de proteína fueron significativamente diferentes (ver anexo 8.1) de 13.69% para la cañihua variedad Cupi y 14.13% para la variedad Ramis, estos resultados son diferentes a los hallados por Perez *et al.* (2016), que indica valores de 12 hasta 17%, Huamaní (2018), con 14.7% y 15.3% para el ecotipo rojo y chilliwa respectivamente, Torres (2019), con 14.09%, Diana *et al.* (2014), con 12.8%, Bartolo (2014), con 15.2% para la variedad Cupi trillada. Estos resultados variados dependen mucho de la calidad de tierra, se sabe que las muestras de esta investigación fueron recolectadas de zonas en bastante producción donde no se aplica ningún tipo de fertilizante (tierra orgánica), solo se aplican biofertilizantes permitidos para la producción orgánica como EM, guano de isla, lombrices, entre otros, sin embargo, estos demandan gastos e inversión para el productor de a pie, por lo que en una gran mayoría no se aplica.

Continuando con los resultados de la Tabla 12 se tiene valores significativamente diferentes (ver anexo 9.1) de 7.47% de grasa para la variedad Cupi y 6.68% para la variedad Ramis, el cual se acerca con los resultados reportados por Castillo (2010), con



6.5%, Bartolo (2014), con 6.1%, Apaza (2010), con 7.6% y Diana *et al.* (2014), con 7%, por otro lado, se tiene valores un poco elevados como Huamaní (2018), con 8.5%, Torres (2019), con 9.27% y Perez *et al.* (2016), hasta con 9.9%

Seguidamente los resultados de ceniza fueron significativamente diferentes (ver anexo 10.1) con valores de 3.67% para la variedad Cupi y 4.46% para la variedad Ramis, los cuales se encuentran cercanos a lo hallado por Betalleluz–Pallardel *et al.*, (2017), con 3.9%, Torres (2019), con 5.68%, Huamaní (2018), con 3.7%, Bartolo (2014), con 3.8%. Estos resultados dependen de las características del suelo donde fueron cultivados.

Como penúltimo resultado los valores de fibra fueron significativamente diferentes (ver anexo 11.1) de 9.23% para la variedad Cupi y 10.39% para la variedad Ramis, estos resultados se acercan a lo hallado por Torres (2019), con 10.82%, sin embargo, se tienen valores menores reportados por Betalleluz–Pallardel *et al.*, (2017), con 5%, Huamaní (2018), con 5.60%, Diana *et al.* (2014), con 6.3%. Estas variaciones generalmente dependerán del tipo de labores post cosechados realizados.

Finalmente, en la Tabla N° 12 se observa el contenido de carbohidratos significativamente diferentes (ver anexo 12.1) para las cañihuas trilladas orgánicas con valores de 53.23% para la variedad Cupi y 51.60% para la variedad Ramis, los resultados se encuentran cercanos a los reportados por Torres (2019), Huamaní (2018), desde 55.20% hasta 68%, además se indica que los carbohidratos están mayormente compuestas por Almidón, estos con azúcares simples como glucosa, fructuosa, sacarosa y maltosa (Pérez *et al.*, 2016).

4.2. ANÁLISIS DE LA CAÑIHUA PROCESADA

Los análisis de evaluación para los productos procesados como son: perlado en seco-húmedo y expandido por explosión por cada variedad de cañihua se presentan a continuación:

4.2.1. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de comparación de actividad antioxidante (AA) para las cañihuas orgánicas trilladas, perladas y expandidas de las variedades Cupi y Ramis, los resultados se expresan en μM Trolox eq/g.m.s, estos resultados además se presentan en el Anexo 1.

Tabla 13. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la Actividad antioxidante de las cañihuas orgánicas Cupi y Ramis

Variedad	Actividad antioxidante (μM Trolox eq/g.m.s) ($X \pm S$)		
	Tipo de muestra		
	Trillado (materia prima)	Perlado	Expandido
Cupi	1864.33 ± 6.014^c	1737.33 ± 2.160^e	1937.33 ± 8.196^b
Ramis	1807.33 ± 4.021^d	1709.67 ± 1.08^f	2129.67 ± 2.858^a

\bar{X} : Promedio de 3 repeticiones DS: Desviación estándar

Los resultados de AA encontrados en ambas variedades se encuentran cercanos a los reportados por Castillo (2010), donde halló para cañihua extruida variedad Cupi $2093.90 \mu\text{M}$ Trolox eq/g.m.s, de AA, así mismo Torres (2019), reportó para cañihua tostada en grano oriunda de Puno un valor de $1161.42 \pm 90 \mu\text{M}$ Trolox eq/g.m.s de AA, Tacora (2010), reportó para la variedad Cupi expandida un valor de $1667-1481 \mu\text{M}$ Trolox eq/g.m.s. Así mismo existen valores inferiores como Coronado-Olano *et al.*



(2021), donde halló 2.07 para Cañihua INIA y 2.06 $\mu\text{M TE/g PDH}$ para variedad Cupi, Chirinos *et al.* (2018), 2.12 $\mu\text{M TE/mg}$ en péptidos de cañihua, estos hallazgos se deben por las diferentes técnicas analíticas utilizadas, además de los factores ambientales y eco tipos (grupos de cultivares definidos de acuerdo a su distribución, ecología, agronomía y morfología) (Valencia *et al.*, 2017).

Sin embargo no se tiene reportes específicos para cañihua perlada por el método de seco-húmedo y mucho menos para variedades orgánicas, por lo que podemos deducir que las muestras estudiadas presentan valores de AA mucho mejores con relación a cañihuas procedentes por ejemplo de Cusco o Arequipa, ya que estos inicialmente antes de someterse al perlado y expandido fueron cosechadas a más de 3900m.s.n.m, todo esto se apoya a lo estudiado por Quispe (2016), donde observó mejores resultados de AA de harina extruida de quinua orgánica procedente de Puno frente a harina extruida de quinua convencional procedente de Arequipa. Esto además está en relación de la materia prima usada inicialmente lo cual como ya explicamos anteriormente secretan mejor los polifenoles (responsables de la AA) ya que, al crecer en climas extremos, crean agentes protectores frente a la acción de patógenos, radiación UV, enfermedades, entre otros, todo lo contrario, para la producción convencional que hace uso de plaguicidas y pesticidas, teniendo una poca secreción de compuestos fenólicos (Mujica *et al.*, 2011, citado por Quispe, 2016).

En el Anexo 13.1. se observa que las variedades son significativamente diferentes e influyen sobre la AA, resultando mejor la variedad Ramis, igualmente en el Anexo 13.2 se observa que los procesos son significativamente diferentes, teniendo al expandido como mejor proceso.



En la Tabla 13 se observa que existe efecto de las combinaciones de variedad y tipo de proceso sobre la AA, teniéndose diferencias significativas en cada una de ellas, es decir tanto la variedad como el tipo de proceso e interacción de los mismos influyen significativamente sobre la AA.

Se demuestra que la Ramis expandida tuvo un mejor incremento, esto se debe a lo indicado por Pas'ko (2009), donde estudia el comportamiento y relación que tienen los compuestos bioactivos con relación a las altas temperaturas y presiones que forman productos de reacción Maillard, por ejemplo Tacora *et al.* (2010), evidenció un efecto positivo sobre las características funcionales a medida que las presiones y temperaturas aumentaban teniendo un mejor resultado a los 160°C. Vidaurre *et al.* (2017), observó un aumento de AA para quinua negra collana en el proceso de secado de 2200 a 2400 μM Trolox eq/g.m.s, así mismo Mamani (2015), reporta un incremento de capacidad antioxidante en quinua pasankalla roja de 12.12 hasta 24.41 μM Trolox eq/g.m.s y negra de 27.94 hasta 34.55 μM Trolox eq/g.m.s. cuando se sometieron al proceso de expansión por explosión. Estos efectos pueden además estar atribuidos y estar relacionados con los compuestos fenólicos y otros fotoquímicos (Torres, 2019), por tanto, se corrobora que la tecnología de expansión por explosión influye positivamente sobre la AA de las cañihuas estudiadas.

Se observa también en ambas variedades una disminución de AA cuando se someten al perlado en seco-húmedo, esto se puede deber a la remoción y daño del perispermo en el escarificado y lavado en vapor (procesos unitarios del perlado en seco-húmedo), el cual está fuertemente asociado con proteínas y otros compuestos bioactivos del grano de cañihua (Luna-Mercado, 2020), por ejemplo Kaur y Kapoor (2001), indican que los antioxidantes pueden disminuir o perderse como consecuencia de procesos y almacenaje, a esto añadimos lo citado por Andreasen *et al.* (2000), donde observó que el

salvado de centeno contenía un alto porcentaje de compuestos bioactivos en comparación con el mismo cereal. Por tanto, se corrobora que la tecnología de Perlado en seco-húmedo influye negativamente sobre la AA de las muestras estudiadas.

Finalmente, En la Fig.16 observamos la comparación en barras estadísticas donde la variedad Cupi al someterse a la tecnología de perlado en seco-húmedo tuvo mejor AA referente a la variedad Ramis, sin embargo, esta última tuvo la mejor AA solo cuando se sometió al expandido por explosión.

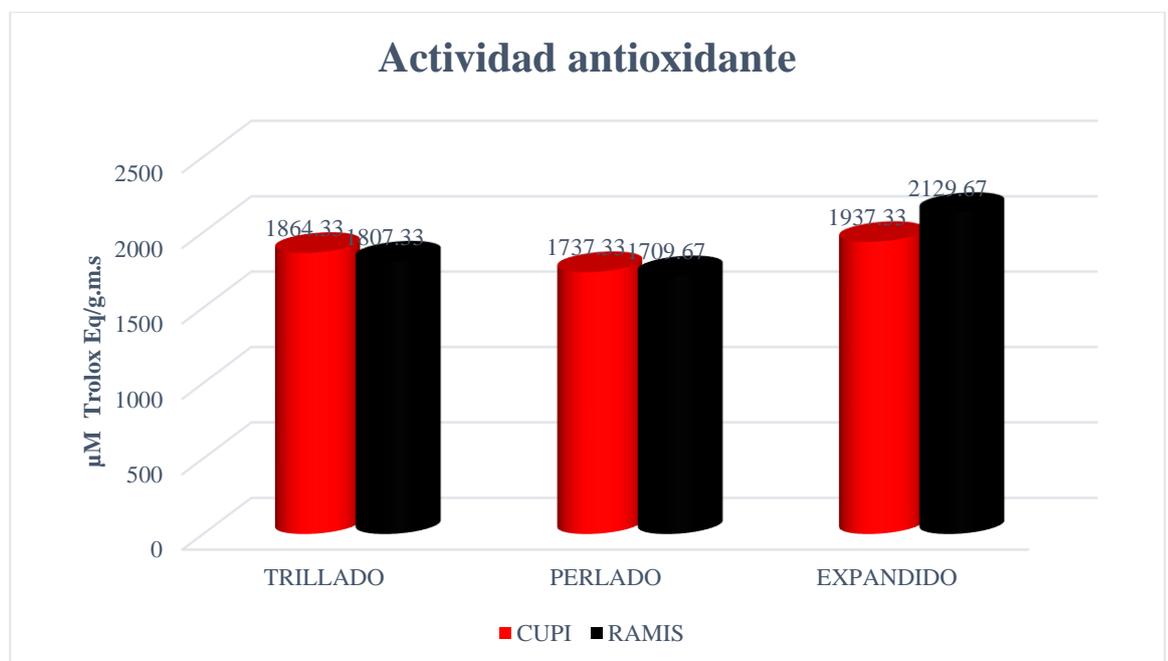


Figura 16. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la actividad antioxidante de cañihua orgánica Cupi y Ramis

4.2.2. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

En la Tabla 14 se muestran los resultados de comparación de compuestos fenólicos totales (CFT) para las cañihuas orgánicas trilladas, perladas y expandidas de las

variedades Cupi y Ramis, los resultados se expresan en mg Ac.Galico/100 g.m.s, estos resultados además se presentan en el Anexo 2.

Tabla 14. Efecto del Perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales de las cañihuas orgánicas Cupi y Ramis

variedad	Compuestos Fenólicos Totales (mg Ac.Galico/100 g.m.s) (X±S)		
	Tipo de muestra		
	Trillado (materia prima)	Perlado	Expandido
Cupi	235±1.393 ^b	224.37. ±2.379 ^c	225.40±2.299 ^c
Ramis	211.87±1.818 ^d	207.67±1.258 ^d	254.33±2.299 ^a

\bar{X} : Promedio de 3 repeticiones DS: Desviación estándar

Los resultados encontrados en ambas variedades se encuentran cercanos a los reportados por Bartolo (2014), halló 292.78 mg Ac.Galico/100 g.m.s de CFT para la variedad Cupi trillada tostada a 160°C, Castillo (2010), halló 351.10 mg Ac.Galico/100 g.m.s de CFT para variedad Cupi germinada por 96 h y 208.90 mg Ac.Galico/100 g.m.s de CFT para Cupi solo extruida. Finalmente Tacora (2010), presento 109.29 mg Ac.Galico/100 g.m.s de CFT para Cupi expandida.

Por otro lado existen datos menores reportados como Coronado–Olano *et al.* (2021), donde halló 3.33 mg GAE/g PDH para Cañihua INIA y 3.02 mg GAE/g PDH de CFT para variedad Cupi, así mismo Luna (2015), halló 78.53 mg Ac.Galico/100 g.m.s de CFT para el ecotipo PIK 030413 germinada por 72 h y 95.90 mg Ac.Galico/100 g.m.s de CFT para el ecotipo PIK 030133 germinada por 72 h. Estos resultados variados se puede deber a que los CFT están en relación con la AA los cuales además son influenciados por las diferentes técnicas analíticas utilizadas, además de los factores ambientales y eco tipos



(grupos de cultivares definidos de acuerdo a su distribución, ecología, agronomía y morfología) (Valencia *et al.*, 2017).

Al igual que la AA no se tiene estudios específicos para cañihua perlada por el método de seco-húmedo y mucho menos para variedades orgánicas, por lo que nos hace entender que las muestras procedas presentan valores de CFT mejores con relación a productos derivados de cañihuas sembradas en altitudes menores como las costas, por ejemplo Quispe (2016), presentó hasta 29% mayor de compuestos fenólicos de harina extruida de quinua orgánica procedente de Puno frente a harina extruida de quinua convencional procedente de Arequipa, esto dependerá además de la materia prima usada inicialmente.

En el Anexo 14.1 se observa que las variedades son significativamente diferentes e influyen sobre los de CFT, la variedad Cupi tuvo un mejor comportamiento. Así mismo los procesos (Anexo 14.2) son igualmente diferentes teniendo al expandido como mejor proceso para incrementar o retener compuestos fenólicos totales.

Al interactuar (ver Anexo 14.3) variedad y proceso se forman grupos diferentes tal como se presenta en la Tabla 14, donde observamos similitudes para Cupi perlado y expandido, quiere decir que se conservaron los CFT cuando se expandieron granos perlados de Cupi. De igual manera existen similitudes entre Ramis trillada y perlada, lo que hace predecir que sometiendo los granos trillados de Ramis al proceso de perlado en seco-húmedo conservan y/o disminuyen los CFT y finalmente se observa diferencias significativas entre Ramis expandido y Cupi trillado, el cual es razonable debido a que son granos muy diferentes por variedad y proceso.

En la Fig.17 se observa al igual que la AA, una ligera disminución de CFT en ambas variedades (Cupi más que Ramis) cuando se someten al proceso de perlado en

seco-húmedo, estos se pueden deber a que la cañihua inicialmente trillada conserva externamente (perispermo-embrión) mayor contenido de propiedades funcionales (Luna-Mercado, 2020) y estos al someterse en un proceso de perlado que básicamente consistió en escarificado (remoción de su capa externa) mediante rodillos de fricción y lavado en vapor de agua (Temperatura del agua mayor a 83°C) disminuyeron ligeramente este contenido de compuestos bioactivos.

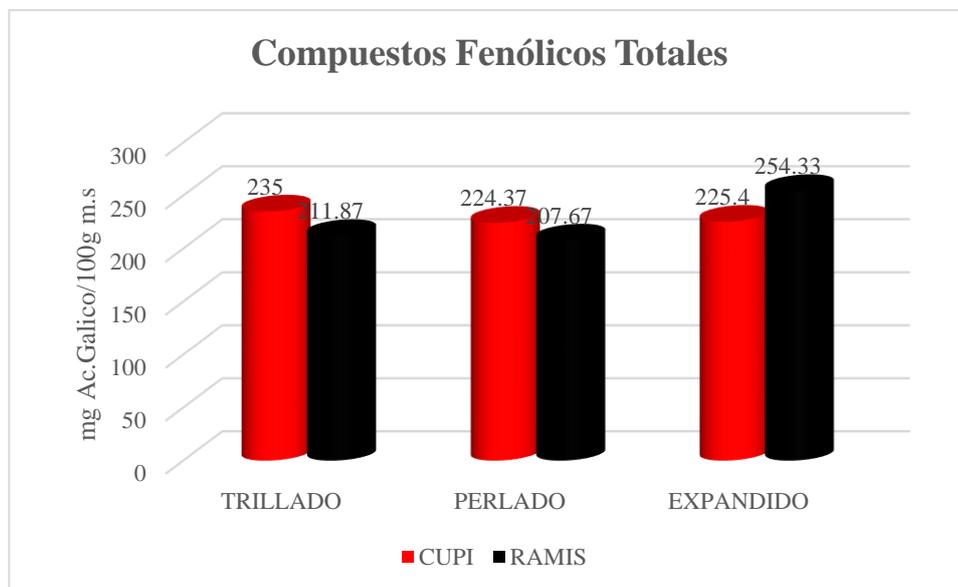


Figura 17. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre los compuestos fenólicos totales de cañihuas orgánicas Cupi y Ramis

Se puede sugerir además que al aplicarse solo vapor de agua en un corto tiempo mas no un lavado en agua húmeda y posterior secado se conserva mejor los compuestos fenólicos, por ejemplo, Vidaurre *et al.* (2017), evidenció una pérdida significativa después de escarificado y lavado en agua (tradicional) de quinua negra collana y pasankalla de 49 y 51% de CFT respectivamente. Así mismo Ktenioudari *et al.* (2013), Ragaee *et al.* (2012), Arif y Faik (2016), indicaron que el proceso de molienda (proceso que daña el perispermo al igual que el escarificado) removió las capas externas, germen y aleurona de los cereales, provocando un descenso en el contenido de compuestos



bioactivos. Por otro lado Luna-Mercado (2020), menciona que al moler grano de cañihua produce inevitablemente daños físicos a los granulos de almidon que estan muy relacionados con el contenido de proteínas y otros compuestos. Finalmente se demuestra que la tecnologia de perlado en seco-húmedo conservan los CFT en la variedad Ramis y se comportan negativamente en la variedad Cupi.

En la Fig. 17 se observa también en ambas variedades (Ramis mejor que Cupi) un aumento de CFT cuando se expanden por explosión, esto se debe a lo indicado por Bartolo (2014) y pas'ko (2009, citado en Tacora *et al*, 2010), que mencionan que las temperaturas de aplicación al producto están en relación y son directamente proporcional al contenido de polifenoles totales debido a la reacción de maillard y/o desdoblamiento de compuestos bioactivos que juntándose con carbohidratos y proteínas aumentarían los compuestos fenólicos, por ejemplo Torres (2019), reporta un aumento de 49.10% de CFT de cañihua tostada, Castillo (2010), reporta un incremento de 17.6% cuando se extruye cañihua germinada por 96 h, Mamani (2018), presenta un incremento de 17.08% para quinua roja pasankalla expandida y 5.83% para negra collana expandida. Sin embargo, existen autores también donde indican lo contrario por ejemplo Tacora (2010), reporta un descenso inicial de 20% cuando se expande cañihua con cascara, posteriormente estos van elevándose cuando se aumenta la presión y temperatura. Igualmente, Luna (2015), reporta un descenso de 43% para el ecotipo PIK 030413 y 22% para PIK 030133 germinado cuando se coccionan en agua a 85°C. Estos resultados se pueden deber a que la materia prima usada para expandir fue grano perlado mas no grano con cascara como estos dos últimos autores estudiaron. Entonces tal cual como el caso de la AA queda demostrado que la tecnología de expandido por explosión influye positivamente sobre los CFT.

4.2.3. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL.

En la Tabla 15 se muestran los resultados de comparación del análisis químico proximal para las cañihuas trilladas, perladas y expandidas de las variedades Cupi y Ramis, los resultados se expresan en % de humedad, % de proteína, % de grasa, % de ceniza, % de fibra y % de carbohidratos, estos resultados además se presentan en el Anexo 3A y 3B.

Tabla 15. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la composición químico proximal de cañihua orgánica variedad Cupi y Ramis

COMPONENTE	ANÁLISIS PROXIMAL PARA CUPI Y RAMIS					
	(X±S) B.S					
	TIPO DE PROCESO/VARIEDAD					
	TRILLADO		PERLADO		EXPANDIDO	
	CUPI	RAMIS	CUPI	RAMIS	CUPI	RAMIS
% Humedad	12.72±0.090 ^a	12.74±0.090 ^a	12.20±0.078 ^b	12.07±0.155 ^b	8.35±0.063 ^c	7.32±0.183 ^d
% Proteína	13.69±0.085	14.13±0.057	13.60±0.238	14.21±0.079	8.43±0.134	8.98±0.158
% Grasa	7.47±0.071 ^b	6.68±0.108 ^c	8.24±0.262 ^a	8.68± 0.051 ^a	3.84±0.048 ^d	4.10±0.124 ^d
% Ceniza	3.67±0.015 ^b	4.46±0.029 ^a	2.63±0.009 ^d	2.84± 0.032 ^c	1.20±0.017 ^f	1.55±0.025 ^e
% Fibra	9.23±0.088 ^b	10.39±0.322 ^a	5.22±0.045 ^c	5.70± 0.104 ^c	2.90±0.069 ^d	3.18±0.098 ^d
% Carbohidratos	53.22±0.178 ^d	51.60±0.532 ^e	58.11±0.234 ^b	56.48±0.212 ^c	75.28±0.126 ^a	74.86±0.215 ^a

\bar{X} : Promedio de 3 repeticiones DS: Desviación estándar



En el Anexo 15.1 y 15.2 se observa que existen diferencias significativas cuando se analizaron variedad y proceso por separado sobre el % de humedad, sin embargo observamos en la Tabla 15 cuando se interactúan variedad y proceso se tienen 2 grupos similares los cuales son Ramis trillado - Cupi trillado, Ramis perlado - Cupi perlado, quiere decir que las humedades se conservan cuando los granos trillados se someten al perlado, este resultado es inherente ya que concuerda con las fichas de calidad de cada empresa que los comercializa como producto terminado. Así mismo al someterles al proceso de expansión estos si tuvieron diferencias significativas el cual se debe a la liberación de agua intrínseca por efecto de la influencia del calor y la presión producida por el cañón expansor, este efecto muy conocido se verifica en Mamani (2015), cuando se expande quinua pasankalla, Castillo (2010), cuando extruye cañihua, Torres (2019), cuando tuesta cañihua, finalmente Ramirez (2012), cuando expande quinua roja.

De igual manera que la anterior el comportamiento de las cenizas, fibra y carbohidratos cuando se analizaron por separado variedad y proceso en los anexos 18.1, 18.2, 19.1, 19.2, 20.1 y 20.2, todos tuvieron diferencias significativas, es decir que tanto la variedad y el tipo de proceso afectaron por separado las cantidades de cenizas, fibra y carbohidratos.

Sin embargo cuando se evaluó la interacción de ambos factores (ver Tabla 15) las cenizas todos fueron significativamente diferentes, si observamos en las Fig. 18 y 19 notamos una baja constante de las cenizas a medida que se someten al proceso de perlado y expandido, estos resultados son concordantes a los hallados por Luna-Mercado (2020), Mamani (2015), Ramírez (2012) y Torres (2019), donde se indican que el mayor porcentaje de minerales se encuentran en la cascara del producto, es por ello que al escarificar y expandir el grano de cañihua se remueven parcialmente el perigonio y capa externa donde se ubican estos minerales, reduciéndose así el contenido final de cenizas.



Lo mismo sucede para la fibra a pesar de tener parejas iguales como Ramis perlada - Cupi perlada, Ramis expandida - Cupi expandida, estos fueron los más afectados, teniendo grandes bajas de hasta 44.79%, los cuales también fueron corroborados por Luna-Mercado (2020), Mamani (2015), de la Riva (2010), Castillo (2010) y Torres (2019), estos resultados se deben por que la fibra (mezcla de hidratos de carbono – polisacáridos no almidonados-PNA) se encuentra al igual que los minerales en la parte externa del grano andino (cascara-perispermo) y estos al ser sometidos a un escarificado y expandido disminuyen.

Finalmente, en la Tabla 15 para los carbohidratos se observa parejas iguales solo de Cupi expandida y Ramis expandida, el resto todos son significativamente diferentes, además se observa un aumento constante desde grano trillado hasta el expandido, esto se debe propiamente a la transformación de polisacáridos durante la cocción. De igual manera que las anteriores estos resultados se asemejan a los autores antes mencionados.

Para la proteína no se realizó la interacción debido a que no influyen la variedad y proceso (combinados) sobre los mismos, sin embargo, sí tuvieron diferencias significativas en variedad (ver Anexo 10.1) y proceso (ver Anexo 10.2), los cuales arrojaron una similitud en los procesos de trillado y perlado, quiere decir que el % de proteína se conserva cuando el grano se somete al perlado en seco-húmedo. Pero estos al someterse al proceso de expansión (ver Fig. 18 y 19) sufren una caída de hasta 35.81%, esto debido a las altas presiones y temperaturas del expansor que generan la desnaturalización de proteínas (Tacora, 2010), sin embargo, Bjorck y Asp (1963), indica que, a pesar de la pérdida de proteínas por la incidencia del calor, estos si mejoran en cuanto a digestibilidad debido a la inactivación de inhibidores de proteasas y otras sustancias anti fisiológicas.



Finalmente, el comportamiento de los procesos de perlado y expandido tuvieron diferencias significativas sobre el porcentaje de grasa, los cuales se acercan a lo reportado por Pérez *et al.* (2016), donde halló 9% de grasas en cañihuas peruanas. La interacción de variedad y proceso (ver Tabla 15) arrojó similitudes en Ramis perlada - Cupi perlada, Ramis expandida - Cupi expandido, teniéndose diferencias en Cupi trillada - Ramis trillada. Lo que más resalta es que los granos de Cañihua al someterse al proceso de perlado (ver Fig. 18 y 19) aumentan considerablemente el contenido de grasas en comparación al proceso de expandido (que disminuyen), esto se atribuye debido a que el grano trillado al ser escarificado y lavado en vapor (brillo) podría liberar mejor el contenido de grasas por el rompimiento de membranas estructurales, sin embargo al someterse al expandido estos lógicamente disminuyen a consecuencia de la volatilización de algunos ácidos grasos y ser fundidos por el efecto de la temperatura del cañón expansor.

En términos generales respecto a las propiedades químico proximal, se demuestra que fueron influenciados (positivamente y/o negativamente) según sea el caso cuando se sometieron al proceso de perlado en seco húmedo y expandido por explosión, además se observó diferencias significativas sobre las variedades.

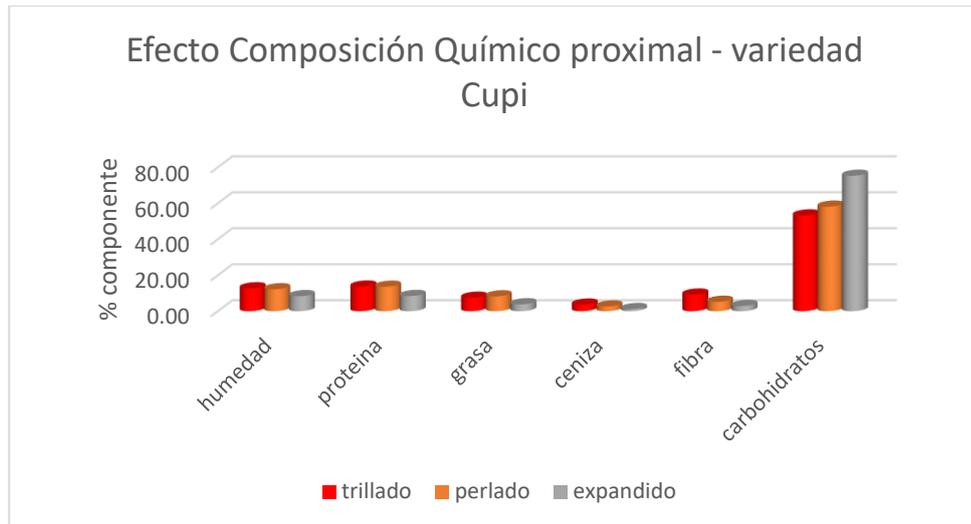


Figura 18. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la composición proximal de la cañihua orgánica variedad Cupi

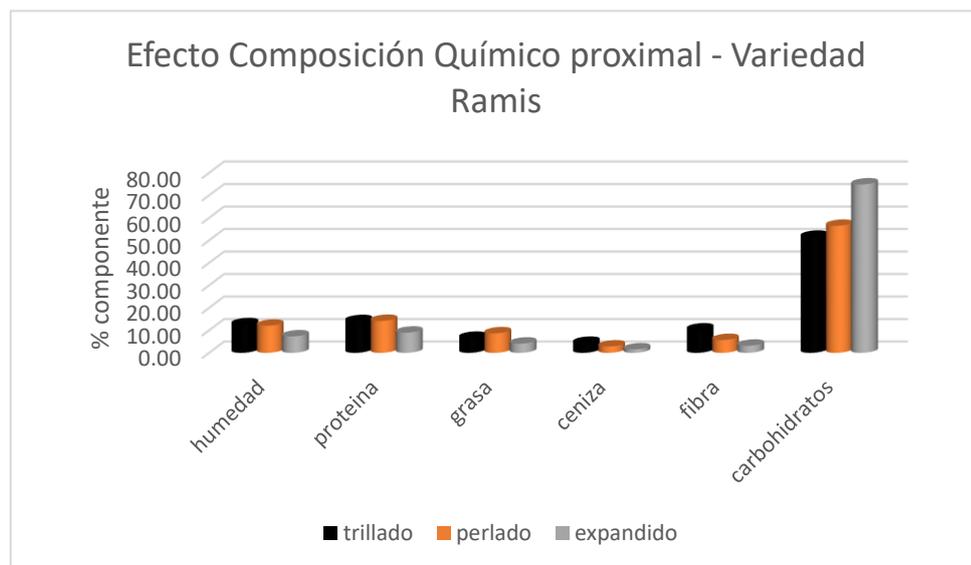


Figura 19. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la composición proximal de la cañihua orgánica variedad Ramis

4.2.4. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE PROPIEDADES FÍSICAS

En la tabla 16 se muestran los resultados del efecto de análisis de propiedades físicas (gravedad específica, densidad real, densidad aparente y porosidad) para las cañihuas procesadas (perlado y expandido) de las variedades Cupi y Ramis respectivamente, estos resultados además se presentan en el Anexo 4.

Tabla 16. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre las propiedades físicas de cañihua orgánica Cupi y Ramis

Ensayos	Gravedad específica (KJ Kg ⁻¹ °C ⁻¹)	Densidad real (Kgm ³)	Densidad aparente (Kgm ³)	Porosidad (g)
Cupi - Perlada	0.7607±0.035	1175±4.243 ^a	711.5±12.5	0.241±0.042 ^a
Ramis – Perlada	0.7695±0.021	1145±2.828 ^b	695.5±2.12	0.266±0.028 ^b
Cupi – Expandido	0.3265±0.030	756±4.20 ^c	210±11.8	0.71±0.038 ^c
Ramis - Expandido	0.3236±0.020	746±2.82 ^c	199.5±2.10	0.55±0.03 ^c

\bar{X} : Promedio de 2 repeticiones DS: Desviación estándar

Se sabe que el proceso de expandido es afectado por el tamaño del grano, espesor del pericarpio, la temperatura, la presión, la actividad de agua y el contenido de agua, además las consecuencias son las alteraciones físicas, químicas y de estructura, desatando deshidratación y gelatinización de almidones, provocando un aumento en el volumen y cambio de textura. (Zapana, 2019). En el anexo 21, se observa que tanto la variedad e interacción variedad*proceso no influyen en la gravedad específica, sin embargo, el proceso (ver anexo 21.1) si influyen sobre estos y al comparar mediante Tukey se tiene como resultado todos significativamente diferentes, quiere decir que tanto el perlado y expandido son diferentes e influyen sobre la gravedad específica teniendo al perlado con un mejor promedio. Así mismo para la densidad aparente (ver anexo 22) no influyen la



interacción variedad*proceso, sin embargo, la variedad y proceso por separado si tuvieron influencia, teniendo en ambos casos al someterse a la prueba Tukey significancias diferentes (anexo 22.1 y 22.2), además se observa que la Cupi tiene mejor promedio al igual que el proceso de perlado.

La densidad Real y porosidad tuvieron comportamientos similares cuando se sometieron a la interacción variedad*proceso, resultando para ambos casos parejas iguales cuando se expanden (ver anexo 23.3 y 24.2), esto quiere decir que tanto la variedad y proceso influyen sobre la densidad real y porosidad, resultando la Cupi perlado con mejor promedio en densidad real y Cupi expandido en porosidad, esto se puede deber a que las variedades de grano Cupi y Ramis tuvieron las mismas características (tamaño y forma), además se sabe que la porosidad se interpreta como una medida del espacio de poros abiertos dentro de la superficie de la muestra, el cual se relaciona positivamente con el efecto del expandido (Zapana, 2019).

En la Fig. 20 se observa que la gravedad específica no se encuentra en el rango de $0.95-1.32 \text{ KJ Kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ que plantea ASAE (1991), esto debido a que el grano andino cañihua es poco estudiada, pero están próximos al arroz con 1.1, soya 1.13 y semillas de cacao $1.0 \text{ KJ Kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

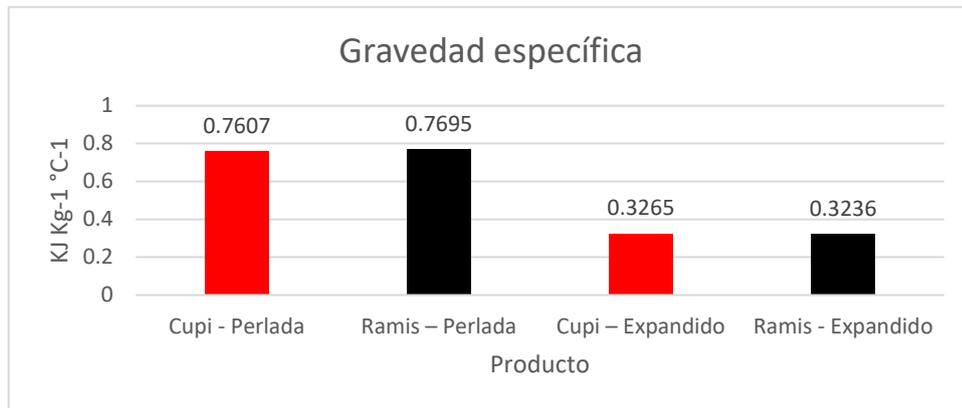


Figura 20. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la gravedad específica de la cañihua orgánica Cupi y Ramis

Los resultados de densidad real y aparente de ambas variedades que se muestran en las Fig. 21 y 22 se acercan a los reportados por Foraquita y lipa (2005), para cañihua trillada y lavada con 1135 y 1177 Kgm⁻³ de densidad real, además Medina (2000), con 680.78 -765.66 Kgm⁻³, Foraquita y Lipa (2005), con rangos de 675.53-810.78 Kgm⁻³ para densidad aparente.

Estas densidades actualmente son un importante atributo de calidad de granos expandidos y están directamente relacionados con el grado de expansión, por ejemplo los granos que presentaron menores densidades fueron Ramis, indicando así un mejor grado de expansión, área superficial y tamaño dentro de la matriz polimérica (Zapana, 2019), además si observamos las Fig. 21 y 22 las densidades disminuyen siempre, esto se debe a una disminución en la gelatinización de los almidones y presencia de fibra (Zapana, 2019).

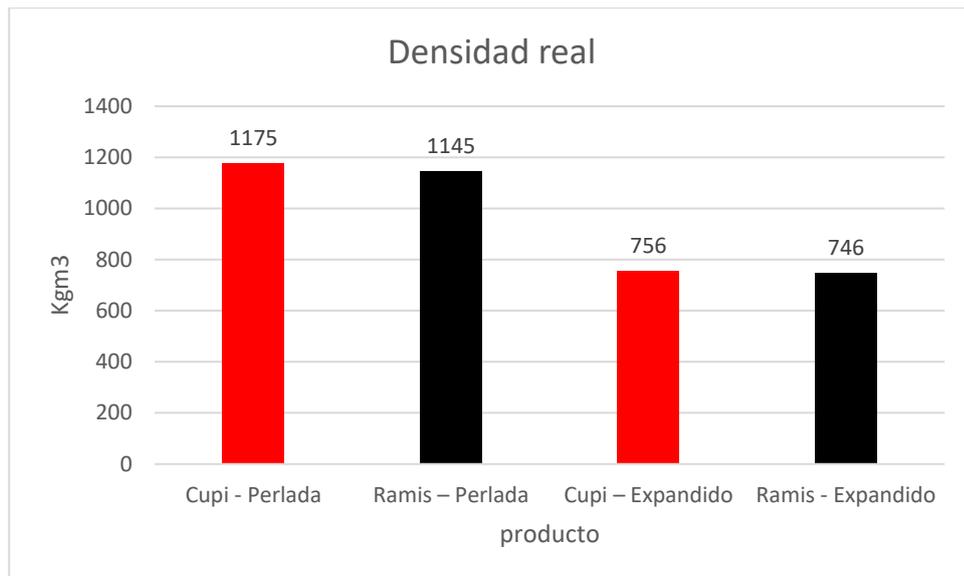


Figura 21. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la densidad real de la cañihua orgánica Cupi y Ramis

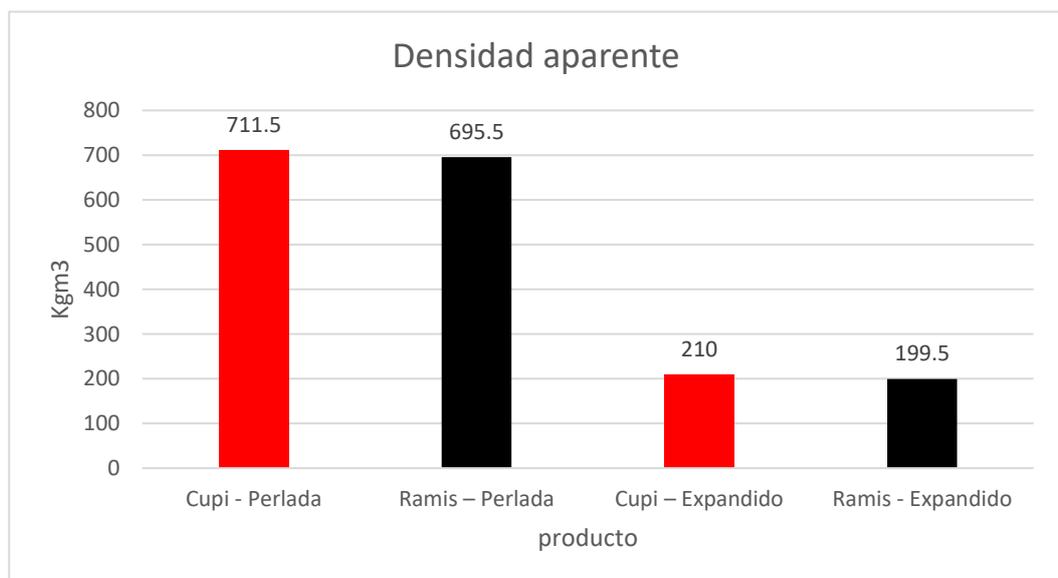


Figura 22. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la densidad aparente de la cañihua orgánica Cupi y Ramis

Finalmente, en la Fig.23 se observa los resultados de la porosidad, los cuales son próximos a los hallados por Foraquita y Lipa (2005), con 0.426 y 0.349 Kgm⁻³ para granos de cañihua Cupi y Ramis, así mismo Medina (2000) encontró 0.37 a 0.45 Kgm⁻³ para

granos de quinua blanca de Juli y Kamiri respectivamente, esta propiedad como ya indicamos se relaciona positivamente con la manera en que el producto se expande, es decir son directamente proporcional. Queda entonces demostrado que al someter los granos perlados al expandido influyen en gran medida sobre las propiedades físicas, los cuales disminuyen y aumentan según sea el caso.

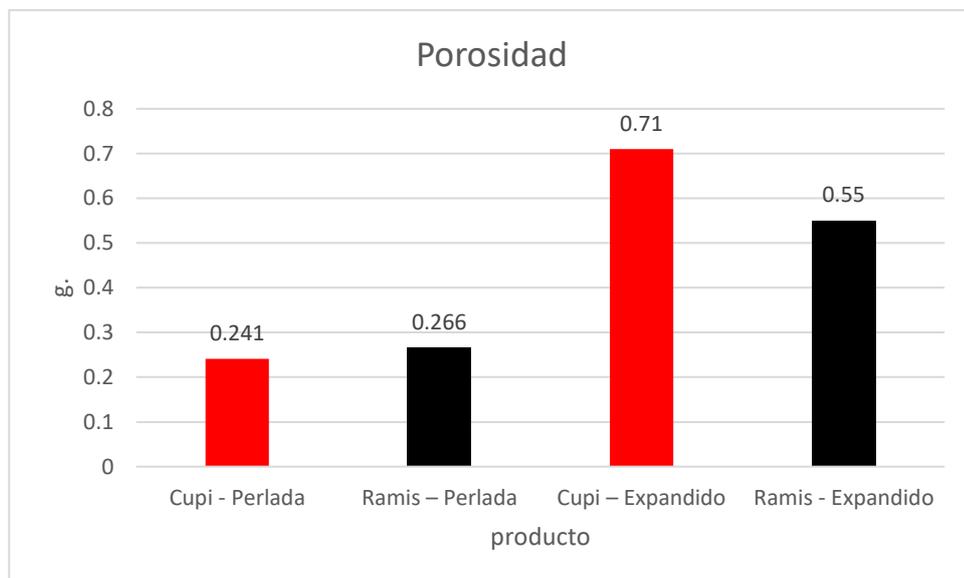


Figura 23. Efecto del perlado en seco-húmedo y expandido por explosión sobre la porosidad de la cañihua orgánica Cupi y Ramis.



V. CONCLUSIONES

- El perlado en seco-húmedo redujo la actividad antioxidante para ambas variedades, mientras que el expandido por explosión lo incrementó, teniendo mejor resultado la variedad Ramis expandida con 2129.67 μM Trolox eq/g.m.s. Por otro lado el perlado en seco-húmedo conservó los compuestos fenólicos totales para la variedad Ramis y redujo para la variedad Cupi, así mismo el expandido por explosión conservó para la variedad Cupi e incrementó para la variedad Ramis, teniendo esta ultimo el mejor resultado con 245.33 mg Ac.Galico/100g m.s de compuestos fenólicos totales.
- El contenido de la humedad, grasa y fibra fueron similares en ambas variedades cuando se aplicó el perlado en seco-húmedo, mientras que las cenizas y carbohidratos fueron diferentes. De igual manera al someterse al proceso de expansión por explosión el contenido de grasa, fibra y carbohidratos fueron similares para ambas variedades, mientras que las cenizas y humedad fueron diferentes. Las proteínas no fueron influenciadas cuando se interactuó variedad*proceso, sin embargo, se conservaron cuando se perlaron en seco-húmedo y disminuyeron hasta en un 33.99% cuando se sometieron al expandido por explosión.
- La densidad real y porosidad fueron similares para ambas variedades cuando se expandieron y diferentes cuando se perlaron. La gravedad específica y densidad aparente no fueron influenciadas cuando se evaluó la interacción variedad*proceso.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones más profundas como: flavonoides, antocianinas y taninos en los procesos de perlado, expandido, extrusión, tostado, molienda de las variedades Cupi y Ramis orgánicos y convencional respectivamente, para favorecer a la comercialización – exportación y estudios al más alto nivel del grano andino cañihua.
- Realizar evaluaciones de compuestos bioactivos para otras variedades de cañihua orgánico y/o convencional.
- Profundizar el análisis químico – proximal y aminoácidos en el tema agronómico (terrenos orgánicos y/o convencionales) para comprender mejor su comportamiento nutritivo, por tanto, falta hacer uso de los estudios de factores como: altitud, rotación de cultivos, análisis de suelos, abonamiento, entre otros.
- Fortalecer el vínculo Universidad – Empresa para compartir los conocimientos y resultados de las investigaciones como el presente, de esta manera se desarrollarían mejor las tecnologías en el sector agroindustrial para beneficio de los productores de granos andinos y consumidores finales.



VII. REFERENCIAS

- (NRC), N. R. (1989). Lost crops of the Incas: Littleknown plants of the andes with promise for worldwide cultivation. *National Academy Press, Washington DC* ISBN, 0.309-04264-X.
- Abderrahim, F; Huanatico, E; Repo de Carrasco, R; Arribas, S M; Gonzales, M C; Condezo Hoyos, I;. (2012). Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science - El SEVIER*.
- Alcazar, d. J. (2002). Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias. Perú. Segunda Edición.
- Alimentacion), F. (. (2000). *Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la Alimentación. Agronomía de los cultivos andinos. Qañiwa (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Obtenido de http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03_1_1.htm
- Alvarado, J; Aguilera, J M;. (2001). *Métodos para Medir las Propiedades*. España: Acribia, S.A.
- Alvarez Jubetea, L; Wijngaarda, H; Arendtb, E; Gallaghera, E;. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119(2), 770-778.
- Andreasen, M; Christensen, L; Meyer, A; Hansen, A. (2000). Content of Phenolic Acids and Ferulic Acid Dehydrodimers in 17 Rye (*Secale cereale L.*) Varieties. *Agric. Food Chem.*, 48, 2837–2842.



AOAC. (1995).

Apaza Mamani, V. (2010). *Manejo y Mejoramiento de Kañiwa*. Puno: Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos - INIA -Puno.

Arena, E; F,B;M, E;. (2001). Evaluation of antioxidant capacity of blood oranges juices as influenced by constituents, concentration process and storage. *Food Chem*, 74: 423- 427.

Arif, V; Faik, A;. (2016). Effect of different production techniques on bioactive compounds and antioxidant capacity of einkorn (*Triticum monococcum* L.) and durum (*Triticum turgidum* subsp. durum) bulgur. *Sci Food Agric*.

ASAE. (1991). *American Society of Agricultura/ Engineers*.

Bartolo Chamorro, R. A. (2014). *Influencia de la temperatura de tostado sobre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) variedad Cupi*. Lima: Tesis Universidad Peruana Union.

Betalleluz-Pallardel, Indira; Inga, Marianela; Mera, Lizbeth; Pedreschi, Romina; Campos, David; Chirinos, Rosana;. (2017). Optimisation of extraction conditions and thermal properties of protein from the Andean pseudocereal canihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Food Science and Technology*, 52, 1026-1034.

Bioversity. (2005). *Descriptores para Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)*. *Bioversity International ISBN: 9290436808*.

Bjorck, I; Asp, N.G;. (1983). The effects of Extrusion Cooking on Nutrition. *Journal of Food Engineering*.



- Blatt, F. (1994). *Fundamentos de Física*. . Mexico: Prentice Hall Hispanoamérica.
- Brand - Willians, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol*, 28,25-30.
- Calsin, C. (2007). *Obtención de extracto antioxidante de mashua (Tropaeolum Tuberosum Ruiz y Pavon) y la evaluación de su eficacia en la oxidación de aceite de soya refinada*. Puno - Peru: Universidad Nacional del Altiplano.
- Canahuara Murillo, A., Mujica Sanchez, A., & Tapia Nuñez, M. E. (2014). *Quinoa o Jiura, pasado presente futuro*. Puno: Vision Agraria, Año VI N°26.
- Castillo Zapana, E. J. (2010). *DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS ANTIOXIDANTES DURANTE LA GERMINACION Y EXTRUSION EN LA CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. PUNO-PERU: Tesis UNA-PUNO.
- Chirinos, Rosana; Ochoa, Karina; Aguilar-Galvez, Ana; Carpentier, Sebastian; Pedreschi, Romina; Campos, David;. (2018). Obtaining of peptides with antioxidant and antihypertensive properties from. *Journal of Cereal Science*, 10.1016/j.jcs.2018.07.004.
- Connor, A; Luby, J; Finn, C; Hancock, J;. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three Chenopodium quinoa Willd. Genotypes. *Food Chem.*, 166:380-388.
- Cooper., A. J.; Farouhi., N. G.; Ye., Z.; Buijsee., B.; Arriola., L.:. (2012). Ingesta de frutas y verduras y 648 diabetes tipo 2. *Estudio prospectivo EPIC-InterAct y meta análisis* . *Eur J Clin Nutr.*, 1082-1092.



- Coronado-Olano, Jorge; Repo-Carrasco-Valencia, Ritva; Reategui, Oscar; Toscano, Emily; Valdez, Elisa; Zimic, Mirko; Best, Ivan;. (2021). Inhibitory activity against α -amylase and α -glucosidase by phenolic compounds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) from the Andean region of Peru. *Pharmacognosy Journal*, 10.5530/pj.2021.13.115.
- D Alessio Ipinza, F. (2012). *"plan estratégico de la Región de Puno" en: centro de negocios CETRUM*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- De la Riva, D. (2010). *Comparación del Contenido de Fitatos, Polifenoles y Capacidad Antioxidante de la Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Cruda y Procesada. Variedad Salcedo Inia*. Puno-Peru: Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Foraquita, L; Lipa, N;. (2005). *Propiedades Físicas Y Termales De Dos Variedades De Cañihua (Chenopodium Canihua Cook)*. Puno -Peru: Tesis UNA -PUNO.
- Franco, D; Moure, A;. (2010). Antioxidantes naturales. Aspectos saludables, toxicológicos y aplicaciones industriales. *Editorial Graficas Garabal España*.
- Frankel, E. (1998). In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in foods lipids. *Food Science and Technology*, 4.
- Gallego Villa, Diana Yamile; Russo, Luigui; Kerbab, Khawla; Landi, Maddalena; Rastrelli, Luca;. (2014). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. *Food Agric*.
- Garcia, R. (2005). Absorción in vivo de oligómeros de epicatequina. . *Tesis. Universidad Rovira i Virgili*.



- Graf, B L; Rojas, P; Rojo, L E; Delatorre, J; Baldeon, M E; Raskin, I;. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) . *Food Science and Food Safety*, Vol.14.
- Harmond, J; Brandenburg, N;. (1965). Physical Properties of Seed. *Transactions of the ASAE Vol 8 N°1*, 30.32.
- Hooper, L; Cassidy, A;. (2006). A review of the health care potential of bioactive compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1805–1813.
- Huamani Huaman, F. (2018). *Evaluación del perfil químico - nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de Cañihua (Chenopodium Pallidicaule AELLEN) procedentes de Puno*. Lima: Tesis Universidad Cayetano Heredia.
- Huamani Valenzuela, L. K. (2019). *Efecto de la humedad del grano y presión del expansor en el proceso de expansión de quinua (Chenopodium quinoa Willd) blanca y roja en ayacucho*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Huiche, A. L. (2018). *Determinación de las isoterms de sorción de agua, propiedades microestructurales y térmicas de dos variedades de granos de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) con y sin perigonio*. Puno - Peru: Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Ito, N; Fukushima, S; Tsuda;. (1996). Carcinogenicity and modification of the carcinogenic response by BHA, BHT and other antioxidants. *CRC Critical Review in Toxicology*, 5, 109-150.
- Kaur, C; Kapoor, H;. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium’s health. *International journal of food science & technology*, 36(7), 703-725.



- Ktenioudaki, A; Alvarez Jubete, L; Gallagher, E;. (2013). A review of the process-induced changes in the phytochemical content of cereal grains: The breadmaking process. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5):611-9.
- Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de*. España: Acribia.
- Liukkonen, K.H; Katina, K; Wilhelmsson, A; Myllymaki, O; Lampi, A.M;. (2003). Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye. *Proc. Nutr. Soc.*, 62:117-122.
- Lopez, A; El Naggat, T; Dueñas, M; Ortega, T; Estrella, I; Hernandez, T; Gomez Serranillos, P; Palomino, O; Carretero, E;. (2013). Efecto de la cocción y la germinación de la composición fenólica y propiedades biológicas de los granos oscuros. En *Química de los alimentos*.
- Luna Mamani, E. (2015). *INFLUENCIA DEL GERMINADO Y COCCION HUMEDA EN COMPUESTOS BIOACTIVOS DE DOS ACCESIONES DE CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Puno-Peru: Tesis UNA PUNO.
- Luna-Mercado, Genny I; Repo-Carrasco-Valencia, Ritva;. (2020). Gluten-free bread applications: Thermo-mechanical and techno-functional characterization of Kañiwa flour. *Cereals & Grains Association*, 10.1002/cche.10386.
- Macavilca Ticlayauri, E. A. (2019). *Relacion de la capacidad antioxidante total y color de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) medido por colorimetria y espectrofotometria de reflectancia difusa*. Huacho - Lima - Peru.: Escuela de Posgrado - Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion.
- Mamani Coaquira, S. (2015). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS*



FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd). Puno-Peru: Tesis UNA -PUNO.

Mangelson, Hayley; Jarvis, David E; Mollinedo, Patricia; Rollano-Penaloza, Oscar M; Palma-Encinas, Valeria D; Gomez-Pando, Luz Rayda; Jellen, Eric N; Maughan, Peter J;. (2019). The genome of *Chenopodium pallidicaule*: An emerging Andean super grain. *Applications in Plant Sciences*, 7(11):e11300.

Martinez Valverde, L; Periago, M; Ros, G;. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.

Medina, W. (2000). *Determinación de las propiedades físicas, mecánicas y termales de quinua (Chenopodium quinoa Wild) variedad Blanca de Juli y Kamiri*. Chile: Tesis Universidad Concepcion Chile.

Mohsenin, N. E. (1986). *Physcal properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers New York.

Mujica, A; Suquilanda, M; Chura, E; Ruiz, E; Leon, A; Cutipa, S; Ponce, C;. (2013). *Produccion organica de Quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. Puno: Vol. 1.

Olmedilla, B; Granado, F;. (2007). Componentes bioactivos. Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Instituto de Nutrición y Trastornos alimentarios. *Dirección general de Salud Pública y alimentación*.

Pasko, P; Barton, H; Zagrodzki, P; Gorinstein, S; Folta, M; Zachwieja, Z;. (2009). Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their Growth. *Food Chemistry*, 115, 994-998.

Peñarrieta, Mauricio; Alvarado, Juan Antonio; Bergenstahl, Bjorn; Akesson, Bjorn;. (2008). Total antioxidant capacity and content of flavonoids and other phenolic



- compounds in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *An Andean pseudocereal. Mol Nutr. Food Res.*, 52:708-717.
- Perez, Gabriela T; Steffolani, M Eugenia; Leon, Alberto E;. (2016). *Cañahua: An Ancient Grain for New Foods*. Buenos Aires , Argentina: ICYTAC, UNC-CONICET.
- Pesantes Arriola, Genaro Christian; Tejada Ovalle, Silvia Esther;. (2021). *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en el proceso de elaboracion de zumo de arandanos (*Vaccinium corymbosum*.)*. Callao - Lima - Peru: Escuela de Posgrado - Universidad Nacional del Callao.
- Pokorny, J; Yanishleva, N; Gordon, M;. (2005). *Antioxidantes de los Alimentos*. Editorial Acibia Zaragoza. Primera Edición.
- Quiroga, C C; Ortiz, A J; Escalera, C R;. (2018). Evaluacion de un proceso novedoso de beneficiado en seco del grano de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), basado en la aplicación de un lecho fluidizado tipo surtidor. *Investigacion & Desarrollo*, 18(1),17-34.
- Quispe Colquehuanca, W. E. (2016). *EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL CONTENIDO PROTÉICO COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) ORGANICA Y CONVENCIONAL*. Puno-Peru: Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Ragae, S; Seetharaman, K; Abdel Aal, E;. (2012). Impact of milling and thermal processing on phenolic compounds in cereal grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.



- Ramirez Yupanqui, M. A. (2012). *Evaluacion de las Propiedades Fisicas y Quimicas en dos Variedades de Quinoa Expandida (Chenopodium quinoa Willd)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Reardon, J. W. (2009). Importancia de los Antioxidantes en Nuestra Alimentación. *Food and Drug Protection Division. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services*.
- Repo de Carrasco, R. (1992). Tecnología de cereales y granos andinos. *Universidad Nacional la Molina - Lima Peru*.
- Repo de Carrasco, R; Encina Zelada, Christian Rene;. (2008). DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS DE CEREALES ANDINOS: QUINUA (*Chenopodium quinoa*), KAÑIWA (*Chenopodium pallidicaule*) y KIWICHA (*Amaranthus caudatus*). *Rev Soc Quím Perú.*, N° 2 (85-99).
- Repo de Carrasco, Ritva; Espinoza, C; Jacobsen, S E;. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviewws International*, 19:179-189.
- Repo de Carrasco, Ritva; Jarkko, K; Juha, P; Pirjo, M;. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120,128-133.
- Robbins, R. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J. Agric. Food Chem.*, 51,2866-2887.
- Rojas, W; Soto, J; Pinto, M; Jager, M; Padulosi, S;. (2008). Granos andinos, avances, logros y experiencias desarrolladas en quinoa, cañihua y amaranto en Bolivia.



- Singleton, V L; Orthofer, R; Lamuela Raventos, R M;. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent. *Meth. Enzym*, 299, 152-178.
- Tacora Cauna, R. L. (2010). *Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Puno - Peru: Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Tacora, R., Luna, G., Bravo, R., Choque, M., & Ibañez, V. (2010). Efecto de la presión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaudale* Aellen). *CienciAgro. Journal de Ciencia y Tecnologia Agraria*, Vol.2 Nr.1, 188-198.
- Tang, Y; Li, X; Zhang, B; Chen, P X; Liu, R; Tsao, R;. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium* quinoa Willd. *Food Chemistry* , 166:380–388.
- Tapia Nuñez, M. E. (2017). *Industrialización de la cañihua en el Centro Promotor de Granos Andinos de Ayaviri región Puno*. Cusco: Universidad Global.
- Tapia, M. (1990). Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. *FAO Primera Edición*, 59-94.
- Torres Polanco, J. G. (2019). *Efecto Comparativo de las Variaciones Producidas en los Constituyentes Funcionales y Capacidad Antioxidante durante el Procesamiento de Harinas Tostadas de Quinoa (Chenopodium quinoa Wild), Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) y Kiwicha (Amaranthus)*. Cusco-Peru: Tesis Universidad Nacional de San Abad del Cusco.



Vidaurre Ruiz, Julio Mauricio; Dias Rojas, Gleny; Mendoza Llamo, Edy; Solano Cornejo, Miguel Angel;. (2017). VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE BETALAÍNAS, COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE EL PROCESAMIENTO DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.).

Zapana Yucra, F. (2019). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE INSUFLADOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.)*, ROJA INIA. Chile: Tesis Universidad de Concepcion Chile.

Zheng, W., & Wang, S. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5165-5170.



ANEXOS

Anexo 1. Resultados de Actividad antioxidante cañihua orgánica variedad Cupi y

Ramis.

MUESTRA	TIPO Y/O PROCESO	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE
CUPI	TRILLADO	1874
CUPI	TRILLADO	1858
CUPI	TRILLADO	1861
	PROM.	1864.33
	DS	6.014
CUPI	PERLADO	1738
CUPI	PERLADO	1740
CUPI	PERLADO	1734.33
	PROM.	1864.33
	DS	6.014
CUPI	EXPANDIDO	1943
CUPI	EXPANDIDO	1945
CUPI	EXPANDIDO	1924
	PROM.	1937.33
	DS	8.196
RAMIS	TRILLADO	1809
RAMIS	TRILLADO	1812
RAMIS	TRILLADO	1801
	PROM.	1807.33
	DS	4.021
RAMIS	PERLADO	1710
RAMIS	PERLADO	1711
RAMIS	PERLADO	1708
	PROM.	1709.67
	DS	1.080
RAMIS	EXPANDIDO	2126
RAMIS	EXPANDIDO	2129
RAMIS	EXPANDIDO	2134
	PROM.	2129.67
	DS	2.858

Anexo 2.



Resultados de compuestos fenólicos totales cañihua orgánica variedad Cupi y Ramis

VARIEDAD	PROCESO	COMP.FEN.
CUPI	TRILLADO	235.6
CUPI	TRILLADO	232.8
CUPI	TRILLADO	236.6
	PROM.	235.0
	DS	1.393
CUPI	PERLADO	224
CUPI	PERLADO	221.2
CUPI	PERLADO	227.9
	PROM.	224.37
	DS	2.379
CUPI	EXPANDIDO	229.1
CUPI	EXPANDIDO	223
CUPI	EXPANDIDO	224.1
	PROM.	225.40
	DS	2.299
RAMIS	TRILLADO	210
RAMIS	TRILLADO	214.8
RAMIS	TRILLADO	210.8
	PROM.	211.87
	DS	1.818
RAMIS	PERLADO	206.4
RAMIS	PERLADO	209.7
RAMIS	PERLADO	206.9
	PROM.	207.67
	DS	1.258
RAMIS	EXPANDIDO	250.8
RAMIS	EXPANDIDO	255.0
RAMIS	EXPANDIDO	257.2
	PROM.	254.33
	DS	2.299



Anexo 3A. Resultados análisis químico proximal cañihua orgánica variedad Cupi y

Ramis

VARIEDAD	PROCESO	HUMEDAD
CUPI	TRILLADO	12.84
CUPI	TRILLADO	12.73
CUPI	TRILLADO	12.59
PROM.		12.72
DS		0.090
CUPI	PERLADO	12.30
CUPI	PERLADO	12.23
CUPI	PERLADO	12.08
PROM.		12.20
DS		0.078
CUPI	EXPANDIDO	8.448
CUPI	EXPANDIDO	8.342
CUPI	EXPANDIDO	8.272
PROM.		8.35
DS		0.063
RAMIS	TRILLADO	12.69
RAMIS	TRILLADO	12.88
RAMIS	TRILLADO	12.64
PROM.		12.74
DS		0.090
RAMIS	PERLADO	12.30
RAMIS	PERLADO	11.86
RAMIS	PERLADO	12.07
PROM.		12.07
DS		0.155
RAMIS	EXPANDIDO	7.53
RAMIS	EXPANDIDO	7.41
RAMIS	EXPANDIDO	7.03
PROM.		7.32
DS		0.183

VARIEDAD	PROCESO	PROTEÍNA
CUPI	TRILLADO	13.59
CUPI	TRILLADO	13.82
CUPI	TRILLADO	13.66
PROM.		13.69
DS		0.085
CUPI	PERLADO	13.21
CUPI	PERLADO	13.78
CUPI	PERLADO	13.80
PROM.		13.60
DS		0.238
CUPI	EXPANDIDO	8.22
CUPI	EXPANDIDO	8.59
CUPI	EXPANDIDO	8.47
PROM.		8.43
DS		0.134
RAMIS	TRILLADO	14.07
RAMIS	TRILLADO	14.22
RAMIS	TRILLADO	14.09
PROM.		14.13
DS		0.057
RAMIS	PERLADO	14.10
RAMIS	PERLADO	14.33
RAMIS	PERLADO	14.21
PROM.		14.21
DS		0.079
RAMIS	EXPANDIDO	8.74
RAMIS	EXPANDIDO	9.18
RAMIS	EXPANDIDO	9.02
PROM.		8.98
DS		0.158

VARIEDAD	PROCESO	GRASA
CUPI	TRILLADO	7.56
CUPI	TRILLADO	7.36
CUPI	TRILLADO	7.48
PROM.		7.47
DS		0.071
CUPI	PERLADO	8.48
CUPI	PERLADO	8.43
CUPI	PERLADO	7.81
PROM.		8.24
DS		0.262
CUPI	EXPANDIDO	3.76
CUPI	EXPANDIDO	3.85
CUPI	EXPANDIDO	3.90
PROM.		3.84
DS		0.048
RAMIS	TRILLADO	6.54
RAMIS	TRILLADO	6.84
RAMIS	TRILLADO	6.67
PROM.		6.68
DS		0.108
RAMIS	PERLADO	8.77
RAMIS	PERLADO	8.67
RAMIS	PERLADO	8.63
PROM.		8.69
DS		0.051
RAMIS	EXPANDIDO	4.03
RAMIS	EXPANDIDO	3.97
RAMIS	EXPANDIDO	4.30
PROM.		4.10
DS		0.124



Anexo 3B. Resultados análisis químico proximal de cañihua orgánica variedad Cupi y

Ramis

VARIEDAD	PROCESO	CENIZA	VARIEDAD	PROCESO	FIBRA	VARIEDAD	PROCESO	CARBOHIDRATOS
CUPI	TRILLADO	3.66	CUPI	TRILLADO	9.37	CUPI	TRILLADO	52.99
CUPI	TRILLADO	3.70	CUPI	TRILLADO	9.21	CUPI	TRILLADO	53.18
CUPI	TRILLADO	3.67	CUPI	TRILLADO	9.12	CUPI	TRILLADO	53.49
	PROM.	3.67		PROM.	9.23		PROM.	53.22
	DS	0.015		DS	0.088		DS	0.178
CUPI	PERLADO	2.64	CUPI	PERLADO	5.28	CUPI	PERLADO	58.10
CUPI	PERLADO	2.62	CUPI	PERLADO	5.15	CUPI	PERLADO	57.79
CUPI	PERLADO	2.63	CUPI	PERLADO	5.22	CUPI	PERLADO	58.45
	PROM.	2.63		PROM.	5.22		PROM.	58.11
	DS	0.009		DS	0.045		DS	0.234
CUPI	EXPANDIDO	1.17	CUPI	EXPANDIDO	2.98	CUPI	EXPANDIDO	75.41
CUPI	EXPANDIDO	1.21	CUPI	EXPANDIDO	2.93	CUPI	EXPANDIDO	75.08
CUPI	EXPANDIDO	1.21	CUPI	EXPANDIDO	2.79	CUPI	EXPANDIDO	75.36
	PROM.	1.20		PROM.	2.90		PROM.	75.28
	DS	0.017		DS	0.069		DS	0.126
RAMIS	TRILLADO	4.50	RAMIS	TRILLADO	10.25	RAMIS	TRILLADO	51.95
RAMIS	TRILLADO	4.41	RAMIS	TRILLADO	10.90	RAMIS	TRILLADO	50.74
RAMIS	TRILLADO	4.46	RAMIS	TRILLADO	10.02	RAMIS	TRILLADO	52.12
	PROM.	4.46		PROM.	10.39		PROM.	51.60
	DS	0.029		DS	0.322		DS	0.532
RAMIS	PERLADO	2.87	RAMIS	PERLADO	5.73	RAMIS	PERLADO	56.23
RAMIS	PERLADO	2.79	RAMIS	PERLADO	5.55	RAMIS	PERLADO	56.81
RAMIS	PERLADO	2.85	RAMIS	PERLADO	5.84	RAMIS	PERLADO	56.40
	PROM.	2.84		PROM.	5.70		PROM.	56.48
	DS	0.032		DS	0.104		DS	0.212
RAMIS	EXPANDIDO	1.55	RAMIS	EXPANDIDO	3.14	RAMIS	EXPANDIDO	75.01
RAMIS	EXPANDIDO	1.59	RAMIS	EXPANDIDO	3.33	RAMIS	EXPANDIDO	74.51
RAMIS	EXPANDIDO	1.52	RAMIS	EXPANDIDO	3.06	RAMIS	EXPANDIDO	75.06
	PROM.	1.55		PROM.	3.18		PROM.	74.86
	DS	0.025		DS	0.098		DS	0.215



Anexo 4. Resultados de propiedades físicas para cañihua orgánica variedad Cupi y

Ramis

VARIEDAD	PROCESO	GRAVEDAD ESPECÍFICA
CUPI	PERLADO	0.7857
CUPI	PERLADO	0.7357
	PROM.	0.7607
	DS	0.035
CUPI	EXPANDIDO	0.3015
CUPI	EXPANDIDO	0.3515
	PROM.	0.3265
	DS	0.03
RAMIS	PERLADO	0.7845
RAMIS	PERLADO	0.7545
	PROM.	0.7695
	DS	0.021
RAMIS	EXPANDIDO	0.3086
RAMIS	EXPANDIDO	0.3386
	PROM.	0.3236
	DS	0.02

VARIEDAD	PROCESO	DENSIDAD APARENTE
CUPI	PERLADO	714
CUPI	PERLADO	709
	PROM.	711.5
	DS	12.5
CUPI	EXPANDIDO	205
CUPI	EXPANDIDO	215
	PROM.	210
	DS	11.8
RAMIS	PERLADO	697
RAMIS	PERLADO	694
	PROM.	695.5
	DS	2.12
RAMIS	EXPANDIDO	198
RAMIS	EXPANDIDO	201
	PROM.	199.5
	DS	2.1

VARIEDAD	PROCESO	DENSIDAD REAL
CUPI	PERLADO	1178
CUPI	PERLADO	1172
	PROM.	1175
	DS	4.243
CUPI	EXPANDIDO	753
CUPI	EXPANDIDO	759
	PROM.	756
	DS	4.2
RAMIS	PERLADO	1143
RAMIS	PERLADO	1147
	PROM.	1145
	DS	2.828
RAMIS	EXPANDIDO	748
RAMIS	EXPANDIDO	744
	PROM.	746
	DS	2.82

VARIEDAD	PROCESO	POROSIDAD
CUPI	PERLADO	0.271
CUPI	PERLADO	0.211
	PROM.	0.241
	DS	0.042
CUPI	EXPANDIDO	0.68
CUPI	EXPANDIDO	0.74
	PROM.	0.71
	DS	0.038
RAMIS	PERLADO	0.246
RAMIS	PERLADO	0.286
	PROM.	0.266
	DS	0.028
RAMIS	EXPANDIDO	0.57
RAMIS	EXPANDIDO	0.53
	PROM.	0.55
	DS	0.03



Anexo 5.

Análisis de varianza para actividad antioxidante de cañihua trillada Cupi y Ramis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	4873.5	4873.50	93.12	0.001
Error	4	209.3	52.33		
Total	5	5082.8			

Anexo 5.1

Prueba Tukey actividad antioxidante grano trillado

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	3	1864.33	A
RAMIS	3	1807.33	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 6.

Análisis de varianza para compuestos fenólicos totales de cañihua trillada Cupi y Ramis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	802.73	802.727	153.00	0.000
Error	4	20.99	5.247		
Total	5	823.71			

Anexo 6.1

Prueba Tukey compuestos fenólicos totales grano trillado

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	3	235.000	A
RAMIS	3	211.867	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 7.

Análisis de varianza para humedad de cañihua trillada Cupi y Ramis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
variedad	1	0.000417	0.000417	0.03	0.879
Error	4	0.063467	0.015867		
Total	5	0.063883			

Anexo 8.

Análisis de varianza para proteína de cañihua trillada Cupi y Ramis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.28602	0.28602	27.86	0.006
Error	4	0.04107	0.01027		
Total	5	0.32708			

Anexo 8.1

Prueba Tukey proteína grano trillado.

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	3	14.1267	A
CUPI	3	13.6900	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 9.

Análisis de varianza para grasa de cañihua trillada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.92042	0.92042	56.18	0.002
Error	4	0.06553	0.01638		
Total	5	0.98595			



Anexo 9.1

Prueba Tukey grasa grano trillado

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	3	7.46667	A
RAMIS	3	6.68333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 10.

Análisis de varianza para ceniza de cañihua trillada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.912600	0.912600	739.95	0.000
Error	4	0.004933	0.001233		
Total	5	0.917533			

Anexo 10.1

Prueba Tukey ceniza grano trillado

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	3	4.45667	A
CUPI	3	3.67667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 11.

Análisis de varianza para fibra de cañihua trillada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	2.0068	2.0068	17.89	0.013
Error	4	0.4487	0.1122		
Total	5	2.4555			



Anexo 11.1

Prueba Tukey fibra grano trillado

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	3	10.3900	A
CUPI	3	9.2333	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 12.

Análisis de varianza para carbohidratos de cañihua trillada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	3.920	3.9204	12.45	0.024
Error	4	1.260	0.3150		
Total	5	5.180			

Anexo 12.1

Prueba Tukey carbohidratos grano trillado

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	3	53.2200	A
RAMIS	3	51.6033	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 13.

ANOVA para efecto de actividad antioxidante de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.005796	0.005796	130.25	0.000
PROCESO	2	0.295582	0.147791	3321.14	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	0.055714	0.027857	626.00	0.000
Error	12	0.000534	0.000045		
Total	17	0.357626			

Anexo 13.1

Prueba Tukey solo variedad – actividad antioxidante

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	9	1.88222	A
CUPI	9	1.84633	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 13.2

Prueba Tukey solo proceso – actividad antioxidante

PROCESO	N	Media	Agrupación
EXPANDIDO	6	2.03350	A
TRILLADO	6	1.83583	B
PERLADO	6	1.72350	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 13.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – actividad antioxidante

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
RAMIS EXPANDIDO	3	2.12967	A
CUPI EXPANDIDO	3	1.93733	B
CUPI TRILLADO	3	1.86433	C
RAMIS TRILLADO	3	1.80733	D
CUPI PERLADO	3	1.73733	E
RAMIS PERLADO	3	1.70967	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14

ANOVA para efecto de compuestos fenólicos totales de cañihua trillada, perlada y
expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.005941	0.005941	7.73	0.017
PROCESO	2	0.178777	0.089388	116.28	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	0.241736	0.120868	157.23	0.000
Error	12	0.009225	0.000769		
Total	17	0.435678			

Anexo 14.1

Prueba Tukey solo variedad – compuestos fenólicos totales

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	9	2.28256	A
RAMIS	9	2.24622	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14.2

Prueba Tukey solo proceso – compuestos fenólicos totales

PROCESO	N	Media	Agrupación
EXPANDIDO	6	2.39867	A
TRILLADO	6	2.23433	B
PERLADO	6	2.16017	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – actividad antioxidante

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
RAMIS EXPANDIDO	3	2.54333	A
CUPI TRILLADO	3	2.35000	B
CUPI EXPANDIDO	3	2.25400	C
CUPI PERLADO	3	2.24367	C
RAMIS TRILLADO	3	2.11867	D
RAMIS PERLADO	3	2.07667	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 15.

ANOVA para efecto de humedad de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.6538	0.6538	23.39	0.000
PROCESO	2	85.4682	42.7341	1528.75	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	0.9654	0.4827	17.27	0.000
Error	12	0.3354	0.0280		
Total	17	87.4228			



Anexo 15.1

Prueba Tukey solo variedad – humedad

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	9	11.0922	A
RAMIS	9	10.7111	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15.2

Prueba Tukey solo proceso – humedad

PROCESO	N	Media	Agrupación
TRILLADO	6	12.7270	A
PERLADO	6	12.1393	B
EXPANDIDO	6	7.8388	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – humedad

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
RAMIS TRILLADO	3	12.7354	A
CUPI TRILLADO	3	12.7185	A
CUPI PERLADO	3	12.2041	B
RAMIS PERLADO	3	12.0744	B
CUPI EXPANDIDO	3	8.3541	C
RAMIS EXPANDIDO	3	7.3234	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 16.

ANOVA para efecto de proteína de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	1.308	1.3085	33.70	0.000
PROCESO	2	108.254	54.1268	1394.23	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	0.024	0.0122	0.31	0.737
Error	12	0.466	0.0388		
Total	17	110.052			

Anexo 16.1

Prueba Tukey solo variedad – proteína

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	9	12.4423	A
CUPI	9	11.9031	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 16.2

Prueba Tukey solo proceso – proteína

PROCESO	N	Media	Agrupación
TRILLADO	6	13.9087	A
PERLADO	6	13.9049	A
EXPANDIDO	6	8.7045	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 17.

ANOVA para efecto de grasa de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.0022	0.0022	0.06	0.805
PROCESO	2	63.5577	31.7789	900.62	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	1.3309	0.6655	18.86	0.000
Error	12	0.4234	0.0353		
Total	17	65.3143			

Anexo 17.1

Prueba Tukey solo proceso – grasa

PROCESO	N	Media	Agrupación
PERLADO	6	8.46465	A
TRILLADO	6	7.07364	B
EXPANDIDO	6	3.96938	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 17.2

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – grasa

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
RAMIS PERLADO	3	8.68955	A
CUPI PERLADO	3	8.23975	A
CUPI TRILLADO	3	7.46574	B
RAMIS TRILLADO	3	6.68154	C
RAMIS EXPANDIDO	3	4.10306	D
CUPI EXPANDIDO	3	3.83570	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 18.

ANOVA para efecto de ceniza de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.9004	0.9004	866.80	0.000
PROCESO	2	21.7060	10.8530	10448.27	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	0.2686	0.1343	129.28	0.000
Error	12	0.0125	0.0010		
Total	17	22.8874			

Anexo 18.1

Prueba Tukey solo variedad – ceniza

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	9	2.94832	A
CUPI	9	2.50101	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 18.2

Prueba Tukey solo proceso – ceniza

PROCESO	N	Media	Agrupación
TRILLADO	6	4.06570	A
PERLADO	6	2.73242	B
EXPANDIDO	6	1.37588	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 18.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – ceniza

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
RAMIS TRILLADO	3	4.45678	A
CUPI TRILLADO	3	3.67462	B
RAMIS PERLADO	3	2.83553	C
CUPI PERLADO	3	2.62931	D
RAMIS EXPANDIDO	3	1.55264	E
CUPI EXPANDIDO	3	1.19911	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 19.

ANOVA para efecto de fibra de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	1.856	1.8558	40.12	0.000
PROCESO	2	141.406	70.7029	1528.64	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	0.643	0.3216	6.95	0.010
Error	12	0.555	0.0463		
Total	17	144.460			

Anexo 19.1

Prueba Tukey solo variedad – fibra

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
RAMIS	9	6.42537	A
CUPI	9	5.78318	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 19.2

Prueba Tukey solo proceso – fibra

PROCESO	N	Media	Agrupación
TRILLADO	6	9.81313	A
PERLADO	6	5.46109	B
EXPANDIDO	6	3.03861	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 19.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – fibra

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
RAMIS TRILLADO	3	10.3945	A
CUPI TRILLADO	3	9.2317	B
RAMIS PERLADO	3	5.7047	C
CUPI PERLADO	3	5.2175	C
RAMIS EXPANDIDO	3	3.1769	D
CUPI EXPANDIDO	3	2.9003	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 20.

ANOVA para efecto de carbohidratos de cañihua trillada, perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	6.76	6.755	42.54	0.000
PROCESO	2	1706.69	853.344	5373.48	0.000
VARIEDAD*PROCESO	2	1.45	0.724	4.56	0.034
Error	12	1.91	0.159		
Total	17	1716.80			



Anexo 20.1

Prueba Tukey solo variedad – carbohidratos

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	9	62.2067	A
RAMIS	9	60.9815	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 20.2

Prueba Tukey solo proceso – carbohidratos

PROCESO	N	Media	Agrupación
EXPANDIDO	6	75.0728	A
PERLADO	6	57.2977	B
TRILLADO	6	52.4119	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 20.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – carbohidratos

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
CUPI EXPANDIDO	3	75.2845	A
RAMIS EXPANDIDO	3	74.8612	A
CUPI PERLADO	3	58.1141	B
RAMIS PERLADO	3	56.4812	C
CUPI TRILLADO	3	53.2217	D
RAMIS TRILLADO	3	51.6022	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 21.

ANOVA para efecto de gravedad específica de cañihua perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.000017	0.000017	0.02	0.893
PROCESO	1	0.387288	0.387288	455.63	0.000
VARIEDAD*PROCESO	1	0.000068	0.000068	0.08	0.791
Error	4	0.003400	0.000850		
Total	7	0.390774			

Anexo 21.1

Prueba Tukey solo proceso – gravedad específica

PROCESO	N	Media	Agrupación
PERLADO	4	0.76510	A
EXPANDIDO	4	0.32505	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 22.

ANOVA para efecto de densidad aparente de cañihua perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	351	351	19.64	0.011
PROCESO	1	497503	497503	27832.34	0.000
VARIEDAD*PROCESO	1	15	15	0.85	0.410
Error	4	71	18		
Total	7	497941			



Anexo 22.1

Prueba Tukey solo variedad – densidad aparente

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	4	460.75	A
RAMIS	4	447.50	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 22.2

Prueba Tukey solo proceso – densidad aparente

PROCESO	N	Media	Agrupación
PERLADO	4	703.50	A
EXPANDIDO	4	204.75	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 23.

ANOVA para efecto de densidad real de cañihua perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	800	800	61.54	0.001
PROCESO	1	334562	334562	25735.54	0.000
VARIEDAD*PROCESO	1	200	200	15.38	0.017
Error	4	52	13		
Total	7	335614			

Anexo 23.1

Prueba Tukey solo variedad – densidad real

VARIEDAD	N	Media	Agrupación
CUPI	4	965.5	A
RAMIS	4	945.5	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 23.2

Prueba Tukey solo proceso – densidad real

PROCESO	N	Media	Agrupación
PERLADO	4	1160	A
EXPANDIDO	4	751	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 23.3

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – densidad real

VARIEDAD*PROCESO	N	Media	Agrupación
CUPI PERLADO	2	1175	A
RAMIS PERLADO	2	1145	B
CUPI EXPANDIDO	2	756	C
RAMIS EXPANDIDO	2	746	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 24.

ANOVA para efecto de porosidad de cañihua perlada y expandida.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	0.009113	0.009113	7.01	0.057
PROCESO	1	0.283505	0.283505	218.08	0.000
VARIEDAD*PROCESO	1	0.017113	0.017113	13.16	0.022
Error	4	0.005200	0.001300		
Total	7	0.314930			

Anexo 24.1

Prueba Tukey solo proceso – porosidad

PROCESO	N	Media	Agrupación
EXPANDIDO	4	0.6300	A
PERLADO	4	0.2535	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 24.2

Prueba Tukey interacción: variedad*proceso – porosidad

<u>VARIEDAD*PROCESO</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
CUPI EXPANDIDO	2	0.710	A
RAMIS EXPANDIDO	2	0.550	B
RAMIS PERLADO	2	0.266	C
CUPI PERLADO	2	0.241	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 25. Panel fotográfico



Foto 1. Recepción de M.P Cupi



Foto 2. Recepción de M.P Ramis



Foto 3. Proceso zaranda pre limpieza



Foto 4. Proceso despedrado



Foto 5. Proceso escarificado en seco



Foto 6. Proceso escarificado en seco



Foto 7. Grano escarificado Cupi



Foto 8. Grano escarificado Ramis



Foto 9. Proceso lavado en seco-húmedo



Foto 9. Granos perlados en seco-húmedo



Foto 10. Comparación de procesos



Foto 11. Acondicionamiento de M.P



Foto 12. Acondicionamiento Cupi



Foto 13. Acondicionamiento Ramis



Foto 14. Proceso expandido



Foto 15. Granos expandidos



Foto 16. Preparación de muestras para laboratorio

Anexo 26. Ensayos compuestos fenólicos totales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 09 de Diciembre del 2020

Solicitante : Edson Elvis Ibañes Bejar
Tipo de Análisis : Determinación de compuestos Fenólicos Totales
Método : Folin Ciocalteu.
Tipo de Muestras : Cañihua Perlada Cupi, Trillada Cupi, Perlada Ramis,
Trillada Ramis, Expandida Cupi y Expandida Ramis
Cantidad de Muestra : 6 de 50 gr. de cada uno
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón
Longitud de Onda : 765 nm
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm
Ecuación de la curva patrón : $y = 0.0313x + 0.0018$, $R^2 = 0.999$

Cañihua	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	EQ-Ac. Galico mg/g Cañihua
Perlada Cupi	2.240	2.212	2.279	2.24
Trillada Cupi	2.356	2.328	2.366	2.35
Perlada Ramis	2.064	2.097	2.069	2.08
Trillada Ramis	2.100	2.148	2.108	2.12
Expandida Cupi	2.291	2.230	2.241	2.25
Expandida Ramis	2.508	2.550	2.572	2.54

Nota: Los resultados obtenidos fue realizado por triplicado, la cuantificación se basó utilizando un estándar Acido Gálico, expresa los miligramos en equivalentes de Acido Gálico que están presente en 1 g de muestra.

Referencia

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology* (Vol. 299, pp. 152–178). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Bucić - Kojić, A., Planinić, M., Tomas, S., Jakobek, L., & Šeruga, M. (2009). Influence of solvent and temperature on extraction of phenolic compounds from grape seed, antioxidant activity and colour of extract. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(12), 2394–2401. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01876.x>
- Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem*. 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
- Huang, R. T., Lu, Y. F., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2015). Determination of phenolic acids and flavonoids in *Rhinacanthus nasutus* (L.) kurz by high-performance-liquid-chromatography with photodiode-array detection and tandem mass spectrometry. *Journal of Functional Foods*, 12, 498-508. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.002>
- Hu, Y., Pan, Z. J., Liao, W., Li, J., Gruget, P., Kitts, D. D., & Lu, X. (2016). Determination of antioxidant capacity and phenolic content of chocolate by attenuated total reflectance-Fourier transformed-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 202, 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.130>

Quím. Jorge Choquenaira Part
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC.
CCP - 914



RESULTADOS

Cusco, 09 de Diciembre del 2020

Solicitantes : Edson Elvis Ibañes Bejar
 Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante
 Metodo : DPPH, Espectrofotometro
 Tipo de Muestras : Cañihua Perlada Cupi, Trillada Cupi, Perlada Ramis,
 Trillada Ramis, Expandida Cupi y Expandida Ramis
 Cantidad de Muestra : 6 de 50 gr. de cada uno
 Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis por Espectrofotometro

Equipo : Espectrofotometro Genesis 20 Thermo Electron
 Longitud de Onda : 517 nm
 Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.
 Ecuacion de la curva patrón : $y = 0.046x - 0.0174$, $R^2 = 0.9935$
 Lecturas por Muestra : 3

Cañihua	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	Trolox Cl50 mg/1.0 gr Cañihua
Perlada Cupi	1.738	1.740	1.734	1.74
Trillada Cupi	1.874	1.858	1.861	1.86
Perlada Ramis	1.710	1.711	1.708	1.71
Trillada Ramis	1.809	1.812	1.801	1.81
Expandida Cupi	1.943	1.945	1.924	1.94
Expandida Ramis	2.126	2.129	2.134	2.13

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante fue realizado por tres lecturas, expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% (IC_{50} o CI_{50}) en miligramos equivalentes Trolox que están presente en 100 gramos de muestra.

Referencias

- Brand-Williams W., M. Cuvelier and C. Berset; (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 28, 25-30.
- Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013) Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia *Agricultural Sciences* Vol.4, No.5B, 46-51.
- Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem.* 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
- Philip Molyneux 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2) : 211-219.

Quím. Jorge Choquenaira Part
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría – UNSAAC
 CCP - 914



Anexo 28. Ensayos químico proximal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0007-21-LAQ

SOLICITANTE: EDSON ELVIS IBÁÑEZ BEJAR
P. TESIS : EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO QUIMICAS DE DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA ORGANICA (Chenopodium pallidicaule AELLEN)
MUESTRA : CAÑIHUA TRILLADA
VARIEDAD : RAMIS
ORIGEN : SILARANI-CABANA
FECHA : C/15/01/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1ra	2da	3ra
Humedad %	11.26	11.41	11.22
Proteína %	12.49	12.60	12.51
Grasa %	5.80	6.06	5.92
Ceniza %	3.99	3.91	3.96
Fibra %	9.10	9.66	8.90
Carbohidratos %	66.46	66.02	66.39

* ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER
Cusco, 05 de Febrero 2021

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis
Melquedes Herrera Arriola
Melquedes Herrera Arriola
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0008-21-LAQ

SOLICITANTE: EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR

P. TESIS : EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO QUIMICAS DE DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA ORGANICA (Chenopodium pallidicaule AELLEN)

MUESTRA : CAÑIHUA PERLADA

VARIEDAD : RAMIS

ORIGEN : SILARANI-CABANA

FECHA : C/15/01/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1ra	2da	3ra
Humedad %	10.95	10.60	10.77
Proteína %	12.56	12.81	12.68
Grasa %	7.81	7.75	7.70
Ceniza %	2.56	2.49	2.54
Fibra %	5.10	4.96	5.21
Carbohidratos %	66.12	66.35	66.40

* ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER

Cusco, 05 de Febrero 2021


 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis
Melquiades Herrera Arrieta
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANALISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

N90009-21-LAQ

SOLICITANTE: EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR
P. TESIS : EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO QUIMICAS DE DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA ORGANICA (Chenopodium pallidicaule AELLEN)
MUESTRA : CAÑIHUA EXPANDIDA ORGANICA
VARIEDAD : RAMIS
ORIGEN : SILARANI-CABANA
FECHA : C/15/01/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1ra	2da	3ra
Humedad %	7.00	6.90	6.57
Proteína %	8.13	8.55	8.43
Grasa %	3.75	3.70	4.02
Ceniza %	1.44	1.48	1.42
Fibra %	2.92	3.10	2.86
Carbohidratos %	79.68	79.37	79.56

* ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER
Cusco, 05 de Febrero 2021

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Analíticos

Melquiades Herrera Arietico
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0010-21-LAQ

SOLICITANTE: EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR

P. TESIS : EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO QUIMICAS DE DOS VARIETADES DE CAÑIHUA ORGANICA (Chenopodium pallidicaule AELLEN)

MUESTRA : CAÑIHUA TRILLADA

VARIEDAD : CUPI

ORIGEN : SILARANI-CABANA

FECHA : 0/15/01/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1ra	2da	3ra
Humedad %	11.38	11.29	11.18
Proteína %	12.04	12.26	12.13
Grasa %	6.70	6.53	6.64
Ceniza %	3.24	3.28	3.26
Fibra %	8.30	8.17	8.10
Carbohidratos %	66.64	66.64	66.79

* ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER
Cusco, 05 de Febrero 2021

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Análisis

Melquides Herrera Arce
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO

LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0011-21-LAQ

SOLICITANTE: EDSON ELVIS IBÁÑEZ BEJAR

P. TESIS : EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR
EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO
QUIMICAS DE DOS VARIETADES DE CAÑIHUA ORGANICA
(Chenopodium pallidicaule AELLEN)

MUESTRA : CAÑIHUA PERLADA

VARIEDAD : CUPI

ORIGEN : SILARANI-CABANA

FECHA : C/15/01/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1ra	2da	3ra
Humedad %	10.95	10.90	10.78
Proteína %	11.76	12.28	12.31
Grasa %	7.55	7.51	6.97
Ceniza %	2.35	2.33	2.35
Fibra %	4.70	4.59	4.66
Carbohidratos %	67.39	66.98	67.59

* ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER

Cusco, 05 de Febrero 2021


 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis
Melquiades Herrera Arriola
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

N90012-21-LAQ

SOLICITANTE: EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR
P. TESIS : EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO QUIMICAS DE DOS VARIETADES DE CAÑIHUA ORGANICA (Chenopodium pallidicaule AELLEN)
MUESTRA : CAÑIHUA EXPANDIDA ORGANICA
VARIEDAD : CUPI
ORIGEN : SILARANI-CABANA
FECHA : C/15/01/2021

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1ra	2da	3ra
Humedad %	7.79	7.70	7.64
Proteína %	7.58	7.93	7.82
Grasa %	3.47	3.55	3.60
Ceniza %	1.08	1.12	1.12
Fibra %	2.75	2.70	2.58
Carbohidratos %	80.08	79.70	79.82

* ANALISIS MODERNO DE LOS ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER
Cusco, 05 de Febrero 2021

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquiades Herrera Arrieta
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO

Anexo 29. Ensayos propiedades físicas



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS

SOLICITANTE : EDSON ELVIS IBAÑEZ BEJAR
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
TITULO DE TESIS : "EFECTO DEL PERLADO EN SECO-HUMEDO Y EXPANDIDO POR
EXPLOSION SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y FISICO-QUIMICO DE DOS
VARIETADES DE CAÑIHUA ORGANICA (Chenopodium pallidicaule Aellen)"
PRODUCTOS : -CAÑIHUA PERLADA VARIEDAD CUPU
-CAÑIHUA PERLADA VARIEDAD RAMIS
-CAÑIHUA EXPANDIDA VARIEDAD CUPU
-CAÑIHUA EXPANDIDA VARIEDAD RAMIS
PRESENTACION : 100 g.
ENSAYO SOLICITADO : ANALISIS DE PROPIEDADES FISICAS
FECHA DE RECEPCION : 11 de Mayo del 2021
FECHA DE ENSAYO : 11 de Mayo del 2021
FECHA DE EMISION : 17 de Mayo del 2021

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

ENSAYOS	Gravedad específica (KJ Kg ⁻¹ °C ⁻¹)	Densidad real (Kg m ³)	Densidad aparente (Kg m ³)	Porosidad (g)
Cupu - perlada	0,7857	1178	714	0,271
Ramis - perlada	0,7845	1143	697	0,246
Cupu - Expandido	0,3015	753	205	0,68
Ramis - Expandido	0,3086	748	198	0,57

CONCLUSIÓN : Los resultados de Analisis de Propiedades Físicas están conformes.

Puno, 17 de Mayo del 2021



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing^o JORGE CAÑIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO



BICENTENARIO
PERÚ 2021

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051) 363-812



Anexo 30. Certificación orgánica de cañihua campaña 2018-2019



Cooperativa Agro Industrial Cabana Ltda.
"COOPAIN - CABANA"
Sr. Gonzales Villalta
Jr. Lima s/n - Cercado (A 3 Cdras de la Plaza de
Armas De Cabana)
Puno, San Román, Cabana
Perú

Kiwa BCS Öko-Garantie GmbH
Marientorgraben 3-5
90402 Nürnberg
Deutschland/Germany
Telefon: +49 (0)911/42 43 9-0
Fax Ausland: +49 (0)911/42 43 9-71
Fax Inland: +49 (0)911/49 22 39
E-Mail: info@bcs-oeko.de
Internet: www.kiwabcs-oeko.com

Ref.:
A-2010-00044 / 2018-04732 (AR)

Teléfono, Nombre
Yuseinda Cospedes

Fecha
26.11.2018

Certificación orgánica de su proyecto según Reglamento (CE) n° 834/2007
Resultado de la inspección

Estimado Sr. Gonzales Villalta,

Reciba/n Usted/es en anexo su DOCUMENTO justificativo/Certificado (y copia aprobada de su reporte de inspección) para el/los siguiente/s producto/s y cantidad/es:

		Area	Cantidad	Unidades (otras)
Orgánico:	Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>)	28,45 ha	21,23 t	
	Cañihua en grano			
	Harina de cañihua			
	Harina de quinua			
	Hojuelas de cañihua			
	Papas nativas	20,38 ha	99,50 t	
	Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>)	1.055,81 ha	1.174,74 t	

1 / 4

Geschäftsführer: Prof. Dr. Roland Hiltl
Handelssig.: HRB 9734
Lehrstuhl für Lebensmittelwissenschaften

EU-Code-Nr.:
DE-ÖKO-001

Akkreditierte Zertifizierungsstelle
gemäß ISO 17065