



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



TESIS

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE HUMEDAD Y PRESIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES EN DOS VARIEDADES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) OSCAR BLANCO Y LA VARIEDAD INIA 414-TARAY EN EL PROCESO DE EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN

PRESENTADA POR:

JUSTO GALLEGOS ROJAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PUNO, PERÚ

2019

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE HUMEDAD Y PRESIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES EN DOS VARIETADES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) OSCAR BLANCO Y LA VARIEDAD INIA 414-TARAY EN EL PROCESO DE EXP

AUTOR

JUSTO GALLEGOS ROJAS

RECuento de PALABRAS

20732 Words

RECuento DE CARACTERES

120363 Characters

RECuento DE PÁGINAS

103 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

878.7KB

FECHA DE ENTREGA

May 26, 2024 11:29 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 26, 2024 11:31 PM GMT-5

● **14% de similitud general**

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

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Firmado digitalmente por CANAZA
CAYO Ali William FAU 20145496170
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.06.2024 09:01:31 -05:00

VB CIEPG



Firmado digitalmente por LUQUE
COYLA Ruben Jared FAU
20145496170 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 03.06.2024 09:24:37 -05:00

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA

TESIS

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE HUMEDAD Y PRESIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES EN DOS VARIEDADES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) OSCAR BLANCO Y LA VARIEDAD INIA 414-TARAY EN EL PROCESO DE EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN



PRESENTADA POR:

JUSTO GALLEGOS ROJAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....
Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

PRIMER MIEMBRO

.....
M.Sc. PABLO PARI HUARCAYA

SEGUNDO MIEMBRO

.....
M.Sc. FLORENTINO V. CHOQUEHUANCA CACERES

ASESOR DE TESIS

.....
Dr. ALI WILLIAM CANAZA CAYO

Puno, 17 de junio de 2019.

ÁREA: Ciencia y Tecnología de alimentos.

TEMA: Determinación del Efecto de Humedad y Presión en las Propiedades Físicas y Funcionales en Dos Variedades de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la Variedad INIA 414 -Taray en el Proceso de Expansión por Explosión.

LÍNEA: Físicoquímica de alimentos.



DEDICATORIA

Con mucho reconocimiento a mis queridos padres Francisco y Tomasa por su aliento y comprensión, así mismo con fraterno afecto a mis hermanos Doris, Juana, Ricardo, Edgar y Vidal quienes me alentaron en la culminación de mi trabajo de investigación, también a los docentes y colegas, quienes me inspiraron y fueron el motivo para terminar el presente trabajo de investigación.

Justo Gallegos Rojas.



AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a la Maestría de Agricultura Andina de la Universidad Nacional del altiplano, por el acceso que me brindó para realizar estudios de Postgrado.
- A los Docentes de la Maestría en Agricultura Andina por haber compartido sus enseñanzas.
- A mi asesor Dr. Ali Willian Canaza Cayo, por su apoyo y dedicación en la culminación de mi proyecto de investigación.
- A los señores miembros del jurado Dr. Alejandro Coloma Paxi por sus comentarios y acertadas sugerencias, al Ing. M. Sc. Pablo Pari Huarcaya por su apoyo y comprensión y al Ing. M. Sc. Florentino V. Choquehuanca Cáceres por su atenta lectura y correcciones en este trabajo.
- A mis hermanos que me brindaron su permanente apoyo en la culminación de mi proyecto de tesis.

Justo Gallegos Rojas.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	4
1.1.1	Origen de la kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>)	4
1.1.2	Características morfológicas del grano de kiwicha	4
1.1.3	Partes del grano de kiwicka	5
1.1.4	Aspectos agronómicos del amaranto	6
1.1.5	Características morfológicas	6
1.1.6	Variedades de kiwicha	7
1.1.7	Composición química de la kiwicha	9
1.1.8	Producción nacional de la kiwicha	12
1.1.9	Agroindustria de la kiwicha	13
1.1.10	Generalidades del expansor de cereales	14
1.1.11	Expandidos	14
1.1.12	Expansión por explosión	14
1.1.13	Fenómeno de expansión	15
1.1.14	Etapas del proceso de expansión por explosión para cereales	15
1.1.15	Grado de expansión del grano	15
1.1.16	Formas de consumo del expandido	15
1.1.17	Cereales utilizados en el proceso de expansión	16
1.1.18	Procesos de expansión por explosión	16
		iii



1.1.19	Valor nutritivo de los productos expandidos	17
1.1.20	Equipo de expandidos de cereales	17
1.1.21	Equipo de expansión por explosión	19
1.1.22	Propiedades físicas	21
1.1.23	Propiedades funcionales	22
1.1.24	Alimentos funcionales	22
1.1.25	Compuestos fenólicos	23
1.1.26	Estructura química de los compuestos fenólicos	23
1.1.27	Clasificación de los compuestos fenólicos	24
1.1.28	Antioxidantes	24
1.1.29	Importancia de los antioxidantes	25
1.1.30	Tipos de antioxidantes	25
1.1.31	Capacidad antioxidante	27
1.1.32	Radicales libres	28
1.2	Antecedentes	28
1.2.1	Internacionales	28
1.2.2	Nacionales	29
1.2.3	Locales	32

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	35
2.2	Enunciados del problema	36
2.2.1	Problema general	36
2.2.2	Problemas específicos	36
2.3	Justificación	36
2.4	Objetivos	37
2.4.1	Objetivo general	37
2.4.2	Objetivos específicos	37
2.5	Hipótesis	37
2.5.1	Hipótesis general	37
2.5.2	Hipótesis específicas	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de estudio	39
-----	------------------	----



3.2	Población	39
3.3	Muestra	39
3.4	Método de investigación	39
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	39
3.5.1	Análisis físico del producto expandido por explosión	44
3.5.2	Determinación de polifenoles totales (PT)	45
3.5.3	Determinación de la actividad antioxidante	45
3.5.4	Materiales, reactivos equipos y servicios	46
3.5.5	Diseño experimental y análisis estadístico	48
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Resultados	51
4.1.1	Efecto de la humedad y presión sobre el índice de expansión de la kiwicha	51
4.1.2	Efecto de la humedad y presión sobre la capacidad de expansión de la kiwicha	53
4.1.3	Efecto de la humedad y presión sobre la densidad aparente de la kiwicha	55
4.2	Discusión	58
4.2.1	Efecto de la humedad y presión sobre los compuestos fenólicos de la kiwicha	58
4.2.2	Efecto de la humedad y presión sobre la capacidad antioxidante de la kiwicha	60
CONCLUSIONES		64
RECOMENDACIONES		65
BIBLIOGRAFÍA		66
ANEXOS		83



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Características agronómicas kiwicha (Oscar Blanco)	8
2. Características agronómicas kiwicha (INIA - 414 Taray)	9
3. Composición química de la kiwicha en 100 g.	10
4. Composición químico de kiwicha cruda y tostada (por 100g)	10
5. Composición química de kiwicha comparado con cereales comunes en 100 g.	11
6. Total nacional y consumo local de kiwicha.	13
7. Capacidad antioxidante en alimentos de importancia	28
8. Valores de presión y humedad en el proceso de expansión	33
9. Humedad adecuada y agua requerida a las variedades de kiwicha	42
10. Modelo de Análisis de varianza (ANVA).	49
11. Formato de recolección de datos.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Morfología del grano de kiwicha	5
2. Contenido en proteínas (%) frente a otros cereales andinos	11
3. Producción anual de kiwicha comprendido los años 2000-2015 (TM)	12
4. Esquema cañón expandidor	20
5. Esquema del trabajo del cañón esponjador tipo Batch	21
6. Diagrama de flujo del procesamiento de kiwicha expandida por explosión (<i>Amaranthus caudatus</i>)	43
7. Comparación de efectos simple VxH (Índice de expansión)	51
8. Comparación de efectos simple HxP (Índice de expansión)	52
9. Comparación de efectos simple VxH (Capacidad de expansión)	54
10. Comparación de efectos simple VxP (Capacidad de expansión)	54
11. Comparación de efecto simple VxH (Densidad aparente)	56
12. Comparación de efecto simple VxP (Densidad aparente)	57
13. Comparación de efectos simple HxP (Densidad aparente)	57
14. Comparación de efectos simple VxHxP a 14 % de H° (Compuestos fenólicos)	59
15. Comparación de efectos simple VxHxP a 15 % de H° (Compuestos fenólicos)	59
16. Comparación de efecto simple VxHxP a 14 % H° (Capacidad antioxidante)	61
17. Comparación de efectos simple VxHxP a 15% de H° (Capacidad antioxidante)	62



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	83
2. Análisis de varianza para el índice de expansión (IE) (Oscar Blanco e Inia Taray 414)	85
3. Análisis de varianza para la capacidad de expansión (Oscar Blanco e Inia Taray 414)	87
4. Análisis de varianza para la densidad aparente (Oscar Blanco e Inia Taray 414)	89
5. Análisis de varianza para polifenoles totales (Oscar Blanco y Inia Taray 414)	91
6. Análisis de varianza para la capacidad antioxidante (Oscar Blanco e Inia Taray 414)	92



ACRÓNIMOS

BHA	: Hidroxianisol Butilado
BHT	: Hidroxitolueno Butilado
CEXP	: Capacidad de Expansión
DCA	: Diseño Completamente al Azar
DPPH	: Difenil picrilhidrazilo
H	: Humedad
IE	: Índice de Expansión
INIA	: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
P	: Presión
TBHQ	: Butilhidroquinona Tercearia
V	: Volumen

RESUMEN

Los polifenoles y su capacidad antioxidante en alimentos procesados desempeñan un papel crucial en la prevención y tratamiento de enfermedades. Se evaluó el efecto de la humedad y presión en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*): Oscar Blanco e INIA-414. Los polifenoles fueron cuantificados mediante el método Folin-Ciocalteu, mientras que la actividad antioxidante se evaluó mediante el método DPPH. Se empleó el diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial 2x2x2, con 3 repeticiones, para analizar los efectos simples y interacciones entre variedades, humedad y presión. Los resultados revelaron que la variedad INIA-414 mostró superioridad significativa a Oscar Blanco (15 % de H° 160 lb/pulg.2), (4.0 vs 3.91), (3.99 vs 3.66). La capacidad de expansión INIA-414 es superior a Oscar Blanco (15 % de H° 160 lb/pulg.2), (81.6 vs 75.4), (80.7 vs 74.6 %). Densidad aparente, INIA-414 supera a Oscar Blanco (0.079 vs 0.077 gr/cm³) (15 % de H° 160 lb/pulg.2), INIA-414 destaca a Oscar Blanco (0.091 vs 0.085 gr/cm³) (14 % de H° 140 lb/pulg.2), (H × P) (15 % de H° 160 lb/pulg.2) INIA-414 predomina a Oscar Blanco (0.073 vs 0.065 gr/cm³). Polifenoles totales, INIA-414 supera a Oscar Blanco (56.8 vs 54.2 Eq Ac. Gálico mg/100g) (15 % de H° 160 lb/pulg.2). Concluyendo que la Capacidad antioxidante, INIA-414 sobrepasa a Oscar Blanco (17.2 vs 14.9 Trolox IC50 mg/g) (15 % H° 140 lb/pulg.2). INIA-414 destaca en (IE), (CEXP) y (ρ_a) a Oscar Blanco, por tanto los compuestos fenólicos y actividad antioxidante INIA-414 es superior a Oscar Blanco.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, expansión por explosión, kiwicha, propiedades físicas, polifenoles totales.

ABSTRACT

Polyphenols and their antioxidant capacity in processed foods play a crucial role in disease prevention and treatment. The effect of moisture and pressure was evaluated in two varieties of kiwicha (*Amaranthus caudatus*): Oscar Blanco and INIA-414. Polyphenols were quantified by the Folin-Ciocalteu method, while antioxidant activity was evaluated by the DPPH method. The complete randomized design (CRD) with 2x2x2 factorial arrangement, with 3 replications, was used to analyze the simple effects and interactions between varieties, humidity and pressure. The results revealed that the INIA-414 variety showed significant superiority to Oscar Blanco (15 % H° 160 lb/in²), (4.0 vs. 3.91), (3.99 vs. 3.66). Expansion capacity INIA-414 is superior to Oscar Blanco (15 % H° 160 lb/in²), (81.6 vs 75.4), (80.7 vs 74.6 %). Bulk density, INIA-414 outperforms Oscar Blanco (0.079 vs 0.077 gr/cm³) (15 % of H° 160 lb/in²), INIA-414 outperforms Oscar Blanco (0.091 vs 0.085 gr/cm³) (14 % of H° 140 lb/in²), (H × P) (15 % of H° 160 lb/in²) INIA-414 dominates Oscar Blanco (0.073 vs 0.065 gr/cm³). Total polyphenols, INIA-414 outperforms Oscar Blanco (56.8 vs. 54.2 Eq. Gallic Acid mg/100g) (15 % H° 160 lb/in²). Concluding that Antioxidant Capacity, INIA-414 outperforms Oscar Blanco (17.2 vs 14.9 Trolox IC₅₀ mg/g) (15 % H° 140 lb/in²). INIA-414 outperforms Oscar Blanco in (IE), (CEXP) and (ρ_a), therefore phenolic compounds and antioxidant activity INIA-414 is superior to Oscar Blanco.

Keywords: Antioxidant capacity, expansion by explosion, kiwicha, physical properties, total polyphenols.



Juan Marcos Aro Arp, Ph. D.
Ing. AGROINDUSTRIAL
C.I.P. N 62422

INTRODUCCIÓN

En estos últimos tiempos la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es un pseudo cereal andino con alto valor nutritivo convirtiéndose en la actualidad como el alimento más importante para solucionar problemas de desnutrición de los pobladores del Perú y del mundo. En estos tiempos existe una perspectiva en el consumo de alimentos andinos, la mayoría de la población ya no está acostumbrados a productos característicos sino que buscan productos novedosos, nutritivos y funcionales; esto ha ido evolucionando gracias a las investigaciones realizadas por ello es preciso presentar opciones naturales con componentes funcionales como el caso de la kiwicha que pueden ser utilizados en la dieta de la población en general, los cuales requieren alternativas naturales y disponibles que garanticen el proceso de elaboración de expandidos y que mantengan sus características de alimento funcional teniendo siempre en cuenta las variaciones de proceso que produce efectos en la calidad del producto terminado, variando en cada tipo de proceso de transformación. Por ello es importante conocer el contenido de compuestos bioactivos como los polifenoles y capacidad antioxidante en los alimentos transformados ya que estos cumplen un rol importante en la prevención y tratamiento de varias enfermedades como el cáncer, estrés y las enfermedades cardiovasculares asimismo es necesario comparar la conservación de éstos componentes en la kiwicha antes y después de su transformación para evidenciar la mejor forma de tratamiento al que debe ser sometida el pseudo cereal. Por consiguiente, los objetivos específicos de esta investigación es determinar el efecto de la humedad y presión sobre las propiedades físicas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión y determinar el efecto humedad y presión sobre las propiedades funcionales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión.

Para desarrollar esta investigación se llevó dentro de los siguientes capítulos, Capítulo I, revisión de literatura, capítulo II, planteamiento del problema, capítulo III, materiales y métodos, capítulo IV, resultados, discusiones, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Origen de la kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

El amaranto o kiwicha es una planta originaria de América Central, domesticada, cultivada y utilizada desde hace más de 4000 años, desde la época colonial disminuyó notablemente la superficie cultivada. Pese a esto, el cultivo de amaranto se mantiene en Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina (Montero, 1994).

El amaranto es uno de los alimentos desde la época de los incas similar en trascendencia como la papa y el maíz (Repo carrasco, 2014). Este pseudo cereal es cultivada por la población pre inca cuando llegaron los españoles trasladaron los granos a Europa la planta de amaranto lo usaban como ornamento (Repo Carrasco, 1998). Los granos silvestres de colores oscuros sufrieron modificaciones, ocasionando por los antiguos agricultores hasta lograr obtener un color blanco que posee mayor sabor y calidad (Repo carrasco, 2014).

El amaranto en la actualidad es conocido con diversos nombres vulgares como: Amaranto (español); Amaranth (ingles), kiwicha (Cusco Perú), Achita (Ayacucho, Perú), Coyo (Cajamarca, Perú), Achis (Huaraz, Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca (Bolivia), Sangoroche, Ataco, Quinoa de Castilla (Ecuador), Alegria y Huanthi (México), Rejgira, Ramdana, Eerai (India) (Sumar, 1993). Las variedades Oscar Blanco, Noel Vietmeyer y Chullpi, son resultados de la mezcla de ecotipos con alto potencial productivo de granos y en la actualidad se vienen desarrollando de nuevas variedades (Tapia, 1997).

El grano de kiwicha es uno de los 36 cultivos alimenticios más prometedores del mundo según la U.S. National Academy of Science (NAS), (Konishi y Yoshimoto, 1989) señalan al grano de kiwicha como una fuente importante principal de alto valor nutritivo y energético para la humanidad.

1.1.2 Características morfológicas del grano de kiwicha

Los granos de amaranto tiene cuatro partes como: Episperma, constituido por una capa que rodea a la semilla de células muy finas; Endospermo, es la

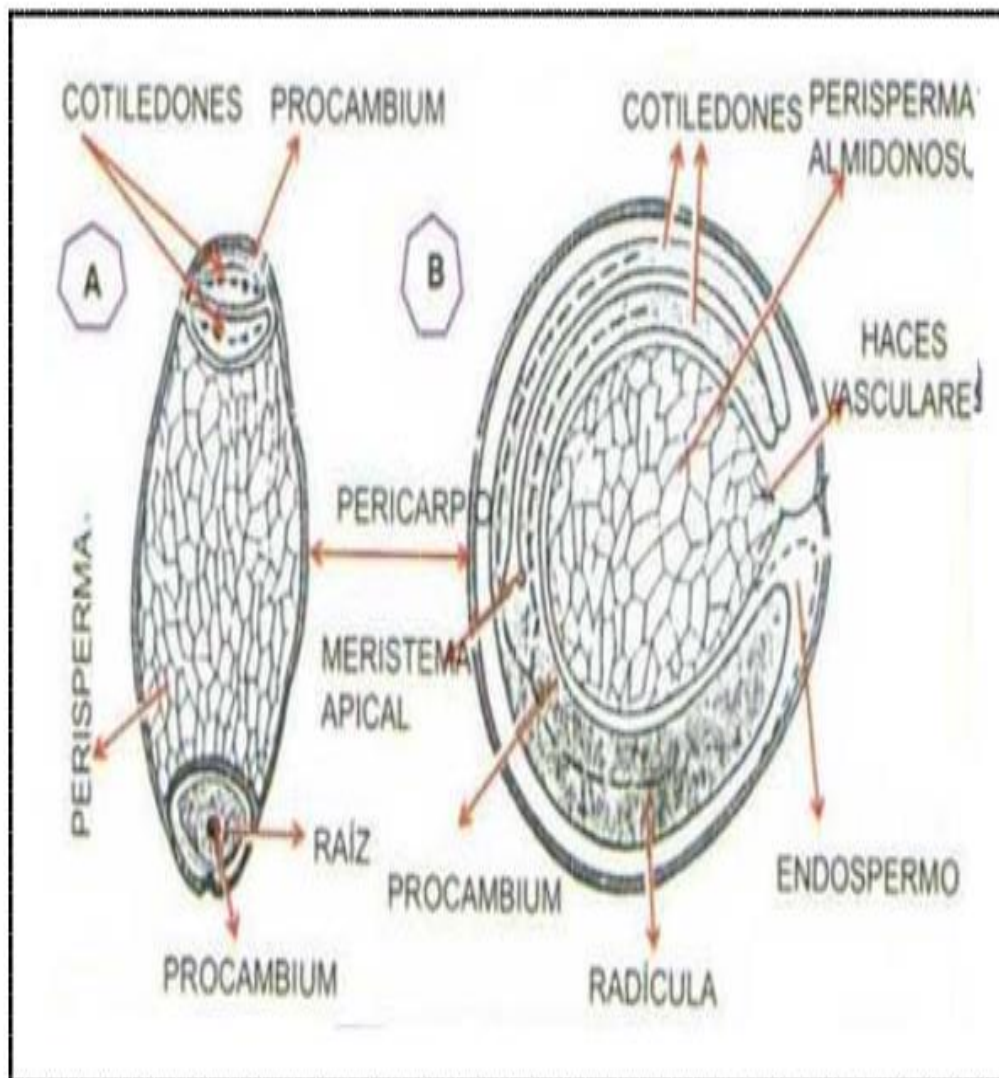
segunda capa que envuelve al embrión que está constituida por una estructura harinosa que presenta mayor proporción de proteína; Perisperma capa interna compuesto mayormente por almidones (Peña Godines, 2010). El embrión ocupa el mayor volumen aproximadamente un 30 % del grano y almacena la mayor parte de proteínas y lípidos (Natero y Romano, 2011).

1.1.3 Partes del grano de kiwicha

En la siguiente figura 1, se muestra las partes del grano de kiwicha.

Figura 1

Morfología del grano de kiwicha



Nota. Sumar (1993), partes del grano de kiwicha (*Amaranthus caudatus*).

1.1.4 Aspectos agronómicos del amaranto

Clasificación Taxonómica

Clasifica en:

- Reino : Plantea
- División : Fanerógama
- Tipo : Embryophyta siphonogama
- Sub Tipo : Angiosperma
- Clase : Dicotiledónea
- Sub Clase : Archyclamidae
- Orden : Centrospermales
- Familia : Amaranthaceae
- Género : Amaranthus
- Especies : Caudatus, cruentus e hyporiacus

Mujica et al. (1997).

La kiwicha pertenece a la familia de las amarantáceas tiene 70 géneros con 850 especies, de las cuales sólo unas pocas especies han sido ampliamente estudiadas. Es un cultivo anual, herbácea de diferentes colores desde verde y morado o purpura.

Mostacero et al. (2006) menciona más de 120 ecotipos en los andes sudamericanos que se diferencian por el color, la forma de hojas, tallos, panicula, fruto y granos.

Peter y Gandhi (2017) indican que el género *Amaranthus* es de orden Caryophyllales, familia Amaranthoideae, con diversas plantas anuales alrededor de 70 especies y 17 de las cuales son comestible.

1.1.5 Características morfológicas

La planta de Amarantácea de crecimiento rápido, son de colores púrpura, verde, amarillo, rosado o roja, con hojas que llega a medir de 6,5 y 15 cm, alternas u opuestas, enteras y ligeramente pecioladas con colores entre verde oscuro y fucsia; es un cultivo anual, cuyo tallo alcanza una altura de 0,80 a 2,50 m. Su ciclo

vegetativo es variable de 120 a 130 días, dependiendo de la variedad. Su semilla es la parte comestible, es redonda y ligeramente aplastado con diámetros de 1 a 1.5mm y 0.5 de espesor; su color es blanco amarillento, dorado rosado, rojo y negra (Peña Godines, 2010).

El tallo es cilíndrico donde emergen flores, yemas también varía en su coloración de blanco amarillento a rojo, la raíz es pivotante en alguno de sus formas muy ramificadas.

Las hojas, son romboides o alternas y largamente pecioladas, su limbo es lanceolada aovado - lanceolado que mide de 0.20 m (Sumar, 1993).

La inflorescencia, llega a medir de 0,90m de longitud, son erectas, decumbentes y semirectas; adoptando formas glomeruladas típicas densas o laxas. El fruto del amaranto, es un pixidio que contiene una sola semilla blanquecina, el embrión es curvo y contiene un perisperma harinoso (Sumar, 1993).

1.1.6 Variedades de kiwicha

El *Amaranthus* se encuentra en la cordillera andina encontrándose a numerosas variedades. En los andes del Perú se recolectaron alrededor de 1200 ecotipos de kiwicha.

Las variedades de kiwicha comercializados son:

- Noel Vietmeyer: Grano rosado para harina cruda
- Oscar Blanco: Grano blanco es usado como hortaliza.
- Chullpi: Granos de tipo reventón, adecuados para tostado.
- Alan García: Grano pequeño, adecuado para harinas crudas e instantáneas.
- INIA 414-Taray: Ideal para la agroindustria.
- INIA 413-Morocho Ayacuchano: Ideal para la preparación de hojuelas (Peralta, 2009).

A) Kiwicha Oscar Blanco

En el Perú los estudios agronómicos de la variedad de kiwicha se inicia en base al Programa de Investigación en Cultivos Andinos en la Universidad

Nacional del Cusco, Facultad de agronomía (Granja k'aira) desde 1973, a cargo del Ing. Oscar Blanco Galdós, en el año de 1986. El Ing^o Luis Sumar emprendió una fuerte campaña para su fomento de este cultivo.

El INIA y las universidades están realizando investigaciones en aspectos agronómicos, utilización y producción de semilla natural y mejorada (Mijica et al., 1992) tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Características agronómicas kiwicha (Oscar Blanco)

Componente	Cantidad
Habito de crecimiento	Erecto
Altura de planta a la floración	1.50 a 2.0m
Espinas en las axilas de la hojas	Ausente
Forma de la inflorescencia apical	Panoja
Posición de la inflorescencia apical	Semirrecta
Índice de inflorescencia	Densa
Color de la inflorescencia	Rosado
Color de grano	Blanco amarillento opaco
Tipo de cubierta	Opaco
Forma de grano	Redondo
Días a la floración	120
Rendimiento de semilla por planta	55.66 g
Peso de mil semillas	0.688g
Rendimiento	2500 - 3000 kg/ha
Acame a la madurez	Moderado
Días a la Madurez	115

Nota. INIA-Eeac (1997).

B) Kiwicha Inía 414-Taray

El Instituto Nacional de Investigación Agraria Cusco, presenta la nueva variedad de kiwicha, INIA 414-Taray de grano amiláceo a disposición de los productores agrarios.

La variedad de kiwicha INIA 414-Taray, en 1996 se realizó trabajos de recolección hasta el año 2005, que son provenientes de Bolivia (Tarija), así mismo se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Características agronómicas kiwicha (INIA 414-Taray)

Componente	Cantidad
Habito de crecimiento	Erecto
Altura de planta a la floración	150 cm
Espinas en las axilas de la hojas	Ausente
Forma de la inflorescencia apical	Panoja
Posición de la inflorescencia apical	Erecta
Índice de densidad de la inflorescencia	Densa
Color de la inflorescencia	Rojo
Color de grano	Amarillo Claro
Tipo de cubierta	Opaca
Forma de grano	Redonda
Días a la floración	120
Derrame de grano en campo	Intermedio (20%)
Rendimiento de semilla por planta	300 a 700 g
Peso de mil semillas	1.10 g
Rendimiento potencia	3500 kg/ha
Rendimiento en campo agricultores	2500 kg/ha
Acame a la madurez	Bajo
Capacidad de reventado	97%
Días a la Madurez	170

Nota. INIA (2011).

1.1.7 Composición química de la kiwicha

Ayala y Andinas (2004) el amaranto es un *pseudo cereal* definido como un alimento nutraceutico, por su contenido de proteínas, lípidos, minerales y aminoácidos esenciales.

En la tabla 3 se muestra el contenido nutricional de la kiwicha y la composición química.

Tabla 3

Composición química de la kiwicha en 100 g.

Componentes	Kiwicha	
	* (1 ^{er})	** (2 ^{do})
Energía (Kcal)	377	361.6
Análisis Prox (g)		
Humedad	12.0	12.4
Proteína	13.5	12.5
Grasa	7.1	7.15
Carbohidratos	64.5	63.49
Fibra	2.5	1.9
Cenizas	2.4	2.32
Minerales (mg)		
Calcio	236.0	95.32
Hierro	7.5	1624.8
Potasio		494.0
Vitaminas (g)		
Tiamina	0.30	0.012
Riboflamina	0.01	0.31
Niacina	0.40	6.43
Ac. Ascórbico	1.3	-
Piridoxina	-	0.72

Nota. Tapia (2000).

Tabla 4

Composición química de kiwicha cruda y tostada (por 100g)

Composición	Kiwicha Cruda	Kiwicha Tostada
Proteína (g)	13.5	14.5
Carbohidratos (g)	13.5	74.5
Grasa (g)	7.1	7.8
Agua (g)	12	0.7
Fibra (g)	2.5	3
Tiamina (mg)	0.3	0.01
Ribiflamina (mg)	0.01	0.01
Niacina (mg)	0.4	1.3

Nota. Collazos et al. (1996).

En la tabla 5, se aprecia que la kiwicha presenta niveles altos en composición química frente a los otros cereales.

Tabla 5

Composición química de kiwicha comparado con cereales comunes en 100 g.

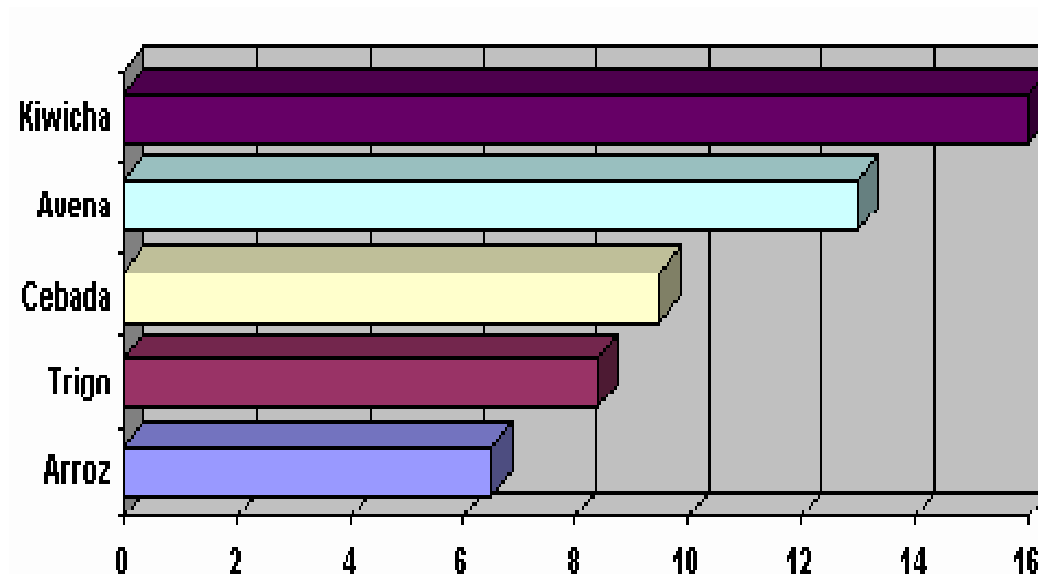
Clase/ grano	Kiwicha	Trigo	Maíz	Arroz	Avena
Proteína (g)	13.5	12.8	9.4	5.6	15.8
Fibra (cruda)(g)	2.5	2.3	3	0.3	3
Grasa (g)	7.1	1.7	4.7	0.6	6.9
Carbohidratos(mg)	64.5	71	74	79.4	66
Calcio (mg)	236	29.4	7	9	54
Hierro (mg).	7.5	4	2.7	4.4	5
Energía (kcal)	377	334	365	360	389

Nota. Collazos et al. (1998).

Como observamos en la figura 2, la kiwicha tiene alto contenido de proteínas frente a los demás cereales conocidos en el mercado mundial, estos datos sirven para promocionar su producción y exportación (Chipana y Stuva, 2005).

Figura 2

Contenido en proteínas (%) frente a otros cereales andinos



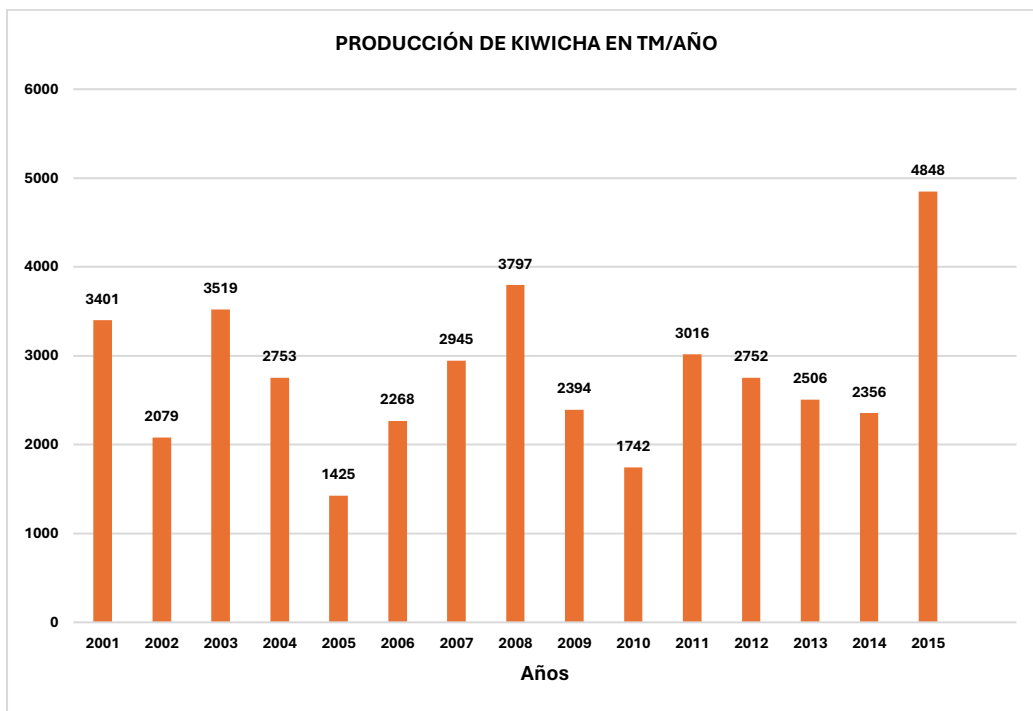
Nota. Comparación de proteínas en cereales.

1.1.8 Producción nacional de la kiwicha

En la Figura 3, la producción de kiwicha fluctúa entre 1425 y 4848 TM, que corresponde a los años 2005 y 2015, la producción más baja ocurre en los años 2005 y 2010, en el año 2015 se incrementó en 4848 TM a nivel nacional.

Figura 3

Producción anual de kiwicha comprendido los años 2000-2015 (TM)



Nota. Minagri (2017a).

La producción de kiwicha por departamentos de acuerdo a la OIA (Organización Internacional Agropecuaria), se lleva a cabo en 8 departamentos de ellos: Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, La Libertad y Lambayeque (Minagri, 2017a). Al respecto Carrillo Teran et al., (2015) afirman que los mayores productores de kiwicha en la región andina son Bolivia y Perú.

En la Tabla 6, se muestra la producción y consumo de la kiwicha en el año 2004 se vienen incrementado la producción nacional y el consumo local existiendo una gama de productos procesados de este pseudo cereal.

Tabla 6*Total nacional y consumo local de kiwicha.*

PRODUCCION (TM)		
Año	Total Nacional	Consumo local
2000	2688	-
2001	3401	-
2002	2079	-
2003	3519	-
2004	2753	1701
2005	1425	285
2006	2268	1063
2007	2945	1577
2008	3797	2130
2009	2394	1208
2010	1742	819
2011	3016	1989
2012	2752	1927

Nota. Minagri (2017b).

1.1.9 Agroindustria de la kiwicha

La kiwicha es muy versátil en la agroindustria y la comercialización, este producto no contiene sustancias amargas como la saponina. Pero por su escasez de gluten es necesario mezclarlo con otras harinas para el proceso de panificación, tal es el caso de su inclusión de hasta 20 % como reemplazante del trigo en la panificación, obteniendo un pan de elevado valor nutritivo, mayor cantidad de grasas, fibra y minerales (Jaik y Tena, 1984).

Así mismo también del producto kiwicha se obtiene algunos alimentos altamente nutritivos, ya sea crudos, cocidos y pre-cocidos como son: Hojuelas crudas, hojuelas instantáneos, concentrados proteínicos, productos instantáneos, cremas instantáneos y Snacks (Barras energéticas) etc (Tapia, 2000).

El principal producto del grano de amaranto, es el grano reventado del cual se obtiene la “alegría” (México), turrón (Perú, Bolivia, Ecuador), nigua (Guatemala) y que consisten en la mezcla de dicho grano reventado con miel o chocolate, dándole formas llamativas que son del agrado de sus consumidores (Mujica et al., 1997).

La kiwicha procesado en harina se usa en panificación (galletas, dulces, panqueques, mazamorras, bollos, etc.) como sustituto de la harina de trigo y las mezclas de trigo kiwicha (80/20) se usa para la producción de panes, de tal forma se mejora el contenido nutricional del alimento (Repo carrasco, 2014).

1.1.10 Generalidades del expansor de cereales

Gevara (2004) indica el expandido de cereales es el aumento de tamaño que sufren los granos de cereales una vez que han sido liberados del cañón expansor.

1.1.11 Expandidos

Los expandidos son los granos clasificados y acondicionados sometidos a cambios bruscos de temperatura y presión que hacen que se produzca el fenómeno de expansión (Mujica y Ortiz, 2006).

Lara (2003) indica los expandidos es la combinación de dos procesos: la cocción termo mecánica y la cocción hidrotérmica en esta última etapa hace que se origine un aumento de presión dentro de la cámara de expansión, alcanzándose también temperaturas mayores a 100 ° C antes de la descarga y valores máximos de 170° C. El punto de quiebre de la presión ocurre a la salida del producto de la cámara expansora, la gradiente presión existente entre la cámara y el ambiente, hace que se produzca una caída brusca de presión al momento de abrir la cámara que provoca el expandido del grano, a mayores temperaturas provocan una mayor dextrinización y por ende se produce el debilitamiento de la estructura del grano produciéndose una disminución del expandido del grano.

1.1.12 Expansión por explosión

Chávez (1990) define el fenómeno de expansión por explosión como un proceso de caída de presión en el cual involucra una repentina transferencia de masa de vapor sobre calentado en un espacio de baja presión, esto origina mediante el aumento progresivo del volumen del grano mediante el escape rápido del vapor de agua se logra un producto inflado y poroso.

1.1.13 Fenómeno de expansión

Castro (1986) manifiesta al fenómeno de expansión como el resultado de la repentina expansión de vapor de agua (agua en estado gaseoso), en los intersticios del granulo, la partícula es limitada en su estado de hinchamiento con deshidratación como consecuencia de la rápida difusión de vapor de agua.

1.1.14 Etapas del proceso de expansión por explosión para cereales

Desde 1904 se ha empleado la técnica del expandido para la industrialización de los cereales por su alto contenido de almidón y baja humedad, considerando el porcentaje de humedad de 10 – 15 % y presión de 200 – 300 lb /pulg² (Sucari, 2003).

A. Acondicionamiento del grano

En esta fase de proceso se acondiciona la humedad adecuada al grano para la expansión, en la cual consiste en ajustar su contenido de humedad por adición de agua. Se realiza por periodos definidos de tiempo, con el fin de que la humedad este uniformemente repartida por toda la masa del grano (B. Y. Espinoza, 1986) citado por (Sucari, 2003).

B. Expansión por explosión

Se fundamenta, como el principio de la expansión que consiste en la vaporización explosiva del agua en el interior de un alimento resultando un producto poroso y voluminoso con un contenido de humedad baja (B. Y. Espinoza, 1986) citado por (Sucari, 2003).

1.1.15 Grado de expansión del grano

Se expresa como el índice de expansión del grano, el cual es la proporción de la densidad del grano no hinchado y/o aquel material hinchado después del procesamiento del cereal (Schwelgart y Twisk, 1969) citado por (Sucari, 2003).

1.1.16 Formas de consumo del expandido

En cuanto los expandidos de cereales se consume en forma de desayuno proporcionando una amplia variedad de cereales de desayunar de buen gusto, se

puede añadir miel, chocolate, leche y frutas secas, para hacerlo más agradables al paladar y mejorar su aporte energético y nutritivo (Espinoza, 1986) citado por (Sucari, 2003).

Los cereales expandidos son productos de fácil consumo y comercialización, como cereales instantáneos o como snacks. Este tipo de productos normalmente se elaboran a partir de maíz, trigo, cebada, arroz, quinua, cañihua y kiwicha, pudiendo ser o no saborizados y/o fortificados, etc. (Koziol, 1992).

1.1.17 Cereales utilizados en el proceso de expansión

Callejo Gonzales (2002) menciona los granos sometidos al proceso de expansión por explosión deben ser de buen tamaño y estar enteros. La carga de contaminantes no debe ser superior al 5%.

M. Espinoza (2007) indica la humedad adecuada del grano de 9 – 12 % ya que los granos demasiado húmedos pueden ser afectados por mohos durante el almacenamiento, mientras que los granos muy secos tienden a romperse durante el proceso, los granos que poseen amilasa de 5 – 20% presenta mejor textura e insuflado.

1.1.18 Procesos de expansión por explosión

Akdogan (1999) indica el proceso de expandido de granos, se debe utilizar sin ningún otro ingrediente, son colocados y sellados dentro del equipo tipo cañón, donde indica seguir los siguientes pasos: Primero se introduce granos con su respectiva humedad en el interior del equipo, luego se gira la cámara receptora de grano, controlar los parámetros pudiendo ser (90 a 250 psi) y luego posteriormente se descarga después de controlado la presión para evitar la quema del producto insuflado.

A. Proceso de elaboración de expandidos por lotes

Los granos de cereal pasa por un proceso de limpieza, acondicionamiento del grano, colocar el grano dentro de la cámara precalentado, luego se tapa la boca de la cámara herméticamente, rotar el equipo para uniformizar hasta alcanzar la presión requerida, retirar la

fuentes de calor, abrir la tapa de la boca de la cámara es donde se obtienen los granos insuflados y finalmente el producto insuflado pasa por un proceso de tamizado, envasado, empaquetado y almacenado (Davila et al., 2001).

B. Proceso elaboración de expandidos en forma continua

El proceso continuo empieza con la selección y clasificación de la materia prima, en seguida es llevado el producto al silo de almacenamiento, posteriormente pasa a la etapa de insuflado donde es introducido los granos dentro del equipo expansor, en seguida son calentados donde se aplica vapor bajo presión llegando a alcanzar la temperatura de 190 - 200°C donde se ocasiona el insuflado, luego el producto es expulsado a una larga cámara para su enfriado, el producto es transportado a un secador para bajar la humedad que debe llegar a 4% y finalmente granos insuflados son seleccionados, envasados y embalados (Davila et al., 2001).

1.1.19 Valor nutritivo de los productos expandidos

El producto expandido está constituido principalmente por carbohidratos (almidón) alimento que más consumen los seres humanos con un aporte energético total de 75 – 80 %, el único límite a la riqueza proteica de los cereales es su deficiencia en ciertos aminoácidos esenciales, por lo cual para aprovechar al máximo su aporte es necesario complementarlos con la ingesta de otros alimentos proteicos ricos en esos aminoácidos limitantes (Callejo Gonzales, 2002).

1.1.20 Equipo de expandidos de cereales

A. Cañón o expansor

Alcázar (2002) indica que el cañón expansor es de estructura metálica giratoria de forma esférica, cilíndrica, cilindro cónico, etc., tiene una entrada de alimentación del grano, esta operación es discontinua.

Mujica (2006) menciona al equipo como un “cañón esponjador” o “tostador”, de naturaleza sólida (hierro fundido) con 50 kg de peso, forma esférica y tamaño pequeño con capacidad para 0.5 a 1.5 kg de carga. El

manipuleo del equipo es mecánico, además cuenta con una cámara hermética y manómetro para controlar la presión, el equipo requiere de un soplete a gas para el calentamiento.

B. Tipos de expansores

Se clasifican acuerdo a su automaticidad y cantidad de disparos y son:

- Manual de disparo simple
- Automático de disparo simple
- Automático de múltiples disparos
- Disparo continuo

El cañón de disparo simple, los granos es introducido por la boca de abertura del cañón y la tapa es cerrada herméticamente mediante un sistema de agarradera y ajuste (Guevara, 2004). Luego inicia a rotar el cañón donde se adiciona calor a la boca del cuerpo del equipo, esto hace que la humedad interna del grano se convierta en vapor. Cuando la presión interna de la cámara de expandido alcanza aproximadamente 200 psi (1.378.951 Pa) aproximadamente de 1-2 minutos, luego se destapa ocasionando cambio de presión, llegándose a transformar en expandidos mediante una explosión y luego se descarga en un recipiente de recolección.

Los cañones automáticos de disparo simple, funcionan similarmente al principio de los manuales, sin embargo en este tipo de máquina se inyecta vapor a 200 psi (1.378.951Pa) directamente en la cámara de expandido, con lo que se logra una reducción en el tiempo del proceso. (Konishi y Yoshimoto, 1989b).

Desrosier (2007) los cañones automáticos de múltiple disparos, el equipo está formado por un conjunto de cilindros operando en secuencia. Un cilindro mientras está siendo cargado, en el otro se está inyectando vapor en el otro se descarga el producto expandido.

C. Partes del cañón expansor

Desrosier (2007) indica partes del expansor de granos tipo cañón como sigue:

- Cámara esférica hermética
- Cámara receptora del grano entero
- Tapa hermética
- Rueda de giro
- Soporte de giro
- Soporte
- Tornillo de ajuste hermético de la tapa
- Pasador de la tapa
- Accesorio tipo canastilla
- Resorte amortiguador de la tapa
- Varilla de fierro para abrir tapa
- Varilla de ajuste de tapa
- Empaquetadura de asbesto
- Manómetro
- Fuente de calor

1.1.21 Equipo de expansión por explosión

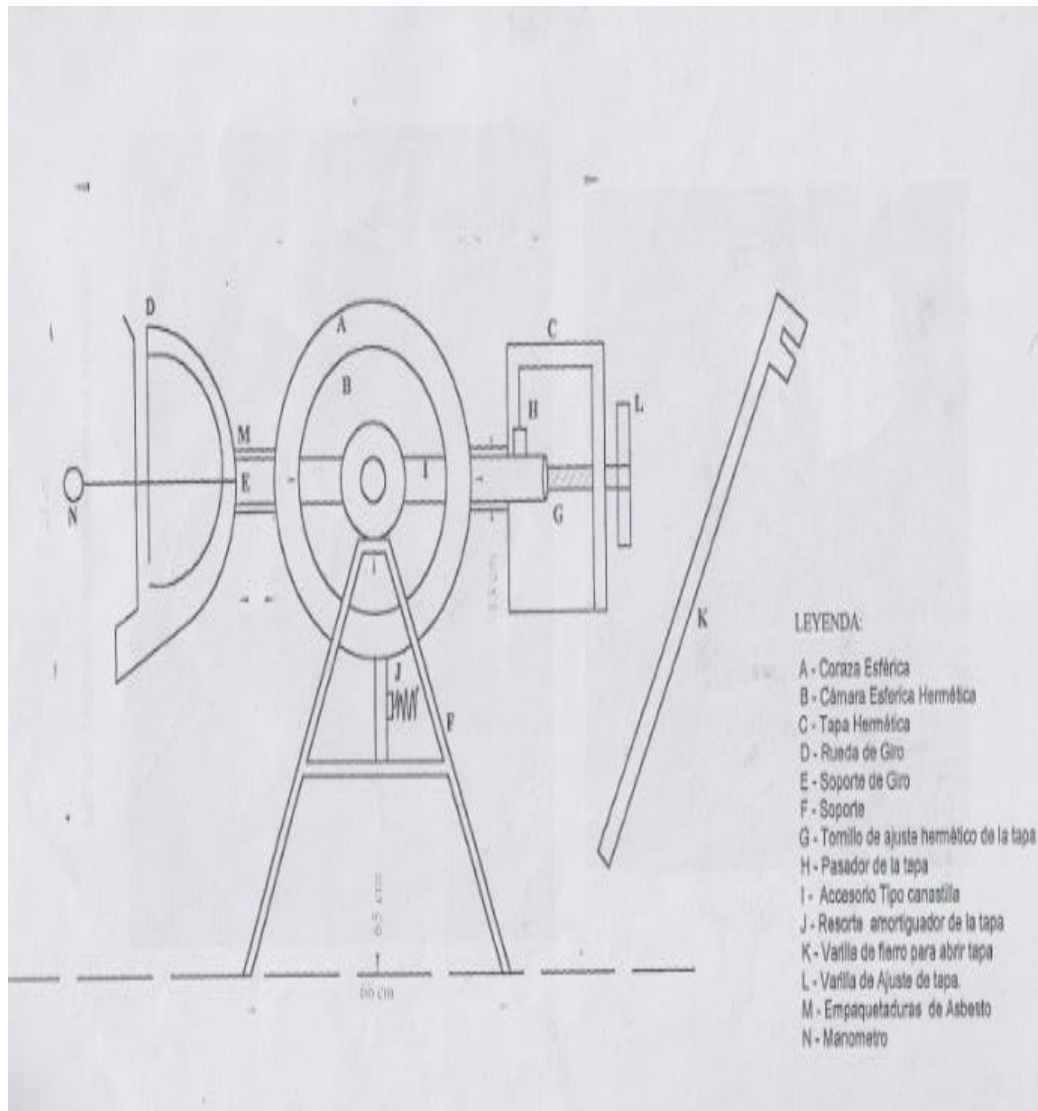
Según la forma de operación son de dos tipos:

A. Equipo de expansión en “Batch”

Seminario (1993) indica el expansor tipo – Batch es el más difundido en el medio, de fácil operación y es económico, se trabaja por cargas y además cuenta con un conjunto de partes como se puede observar en la figura 4.

Figura 4

Esquema cañón expandidor

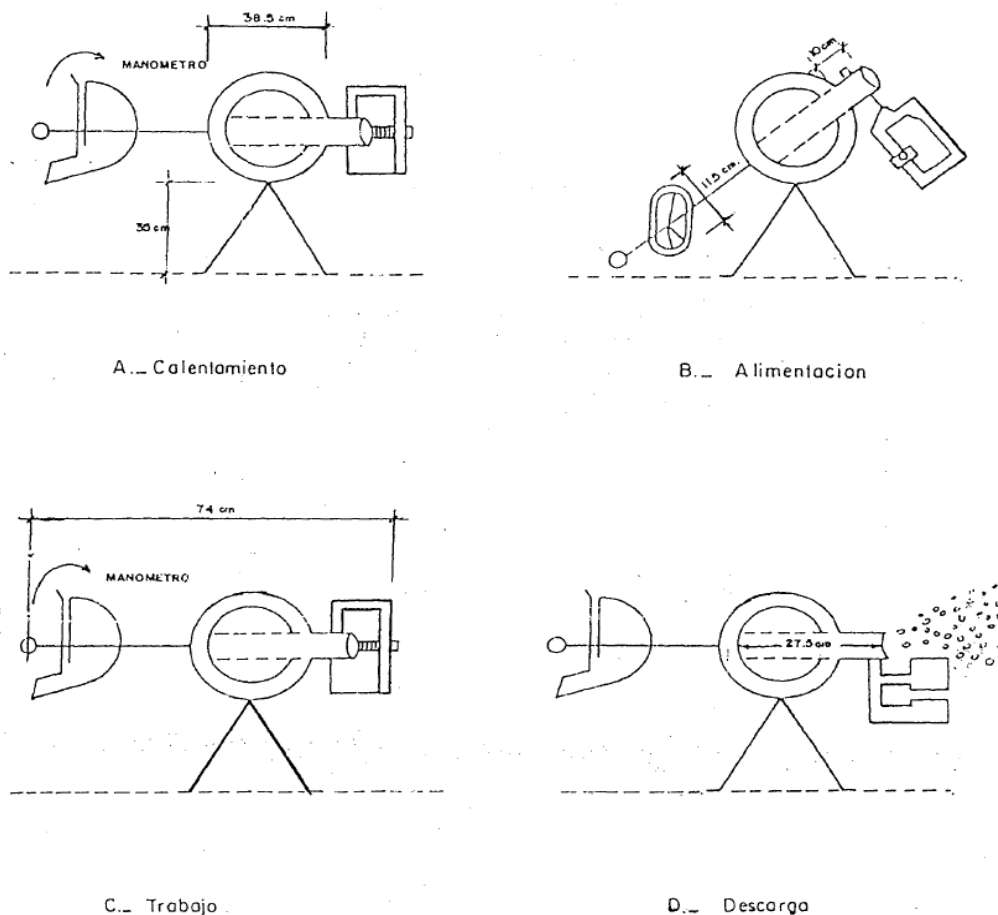


Nota. Seminario (1990), Expansor tipo Batch.

Para operar el equipo, es necesario calentar la coraza, se introduce el producto en la cámara; se tapa herméticamente y se calienta de 4 a 6 minutos logrando alcanzar la presión adecuada y luego se suelta el seguro de la tapa, obteniendo el producto expedito como se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5

Esquema del trabajo del cañón esponjador tipo Batch



Nota. Seminario (1990).

B. Sistema continuo de expansión por explosión

Seminario (1993) menciona en este equipo ha conseguido separar el calentamiento y la expansión como dos funciones independientes, lo cual es prácticamente imposible en los equipos en batch, la capacidad alcanzada en este equipo es de hasta 454 kg/hr - 1000 lb/hr.) Para productos que ingresan con una humedad de 25%.

1.1.22 Propiedades físicas

La física se encarga de analizar los principios que rige la mayoría de los procesos habituales en la agroindustria de alimentos, apreciando constantes cambios que sufren los alimentos en las operaciones unitarias, siendo de suma importancia en el diseño de equipos y los análisis de los procesos a los que se

someten los alimentos, manifiestan propiedades que ayudan a controlar y optimizar procesos (Sharanagat y Goswami, 2014).

1.1.23 Propiedades funcionales

Es el conjunto de propiedades físicas, químicas y organolépticas que determinan la estructura, calidad tecnológica, nutricional y aceptabilidad de un producto alimentario (Alcázar, 2002).

Se refieren aquel alimento que proporciona un beneficio a la salud más allá de la nutrición básica; a fin de lograr tal beneficio, este alimento deberá consumirse con regularidad dentro de una dieta adecuada y en los niveles que generalmente se consumen (Ramírez y Perez, 2010).

1.1.24 Alimentos funcionales

Dentro de esta categoría se han incluido los conceptos de nutraceuticos, suplementos dietarios o alimenticios y alimentos fortificados (Arai, 2002).

Define a los alimentos funcionales "como cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona". (Ojeda Flores, 2003).

Un alimento puede considerarse funcional si se demuestra satisfactoriamente que afecta a una o más funciones corporales específicas, más allá de sus efectos nutritivos intrínsecos, de modo que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y el bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas (Ashwell, 2002).

Los alimentos funcionales, contienen numerosos fitoquímicos cuyo consumo contribuye mejorando la salud y/o reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades, estos deben consumirse dentro de una dieta sana equilibrada y en las mismas cantidades en las que habitualmente se consumen el resto de los alimentos (Chasquibol et al., 2003).

1.1.25 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se caracterizan por ser uno de los compuestos por estar presentes en el reino vegetal (cereales, frutas, legumbres, hortalizas, café), siendo importante en la dieta de los seres vivos (Alvarez et al., 2010).

Como también contribuye a la pigmentación de los alimentos vegetales está claramente reconocida, a través de las antocianidinas, responsables de los colores rojo, azul, violeta, naranja y púrpura de la mayoría de las plantas y sus productos (Martínez et al., 2000).

Los fenoles se encargan de aportar y otorgar el sabor y color en frutas y vegetales, está formado por hidroxilo unido a un anillo bencénico. Estos metabolitos secundarios tiene un gran efecto en el organismo humano ayudando a varias funciones como actividad proteica, asimilación de nutrientes y defensa ante factores medio ambientales que pueden causar daño al cuerpo humano (Almeida, 2012).

los polifenoles son compuestos bio-sintetizados por las plantas se encuentran distribuidos en el reino vegetal, en plantas medicinales, especias, vegetales, frutos, hojas, tallos, raíces y semillas, donde su presencia contribuye a las cualidades sensoriales como color, aroma, pardeamiento, amargor y la astringencia (Rizzo et al., 2006); (Stratil et al., 2007). En la actualidad son los fotoquímicos más conocidos (Dimitrios, 2006).

Los polifenoles son importantes por sus características antioxidantes debido a que pueden participar en la protección contra la acción dañina de especies reactivas (principalmente los radicales libres de oxígeno) por su alto potencial redox (Tsao y Deng, 2004); (Stratil et al., 2007).

1.1.26 Estructura química de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos químicamente son sustancias que poseen un anillo aromático y un anillo benceno con uno o más grupos hidroxilados incluyendo derivados funcionales, como podrían ser ésteres, metilésteres, glúcidos, etc. (Tsimidou, 1998). Además de la naturaleza bencénica que tiene, presentan intensa absorción en la región UV, citado por (Pérez León, 2005). Los

compuestos fenólicos poseen un estructura química ideal para actuar como antioxidante, mostrando una mayor eficiencia *in - vitro* en comparación a la vitamina E y C (Rice et al., 1996).

Estos compuestos son en su mayoría potentes antioxidantes debido a su estructura química, ya que son excelentes donadores de protones o electrones (Kinsella et al., 1993). Además poseen una estructura química ideal para captar iones metálicos y por lo tanto para inhibir la formación de radicales libres (Rice et al., 1996).

1.1.27 Clasificación de los compuestos fenólicos

A. No flavonoides

Los no flavonoides se subdividen en ácidos fenólicos, estilbenos y taninos hidrosolubles. La actividad antioxidante de los ácidos fenólicos se debe también a los hidrógenos fenólicos, la posición de los grupos hidroxilo y el grado de hidroxilación determina en gran medida la actividad antioxidante, la presencia de un segundo grupo hidroxilo aumenta la capacidad antioxidante (García, 2005).

B. Flavonoides

Se han puntualizado más de 4000 flavonoides (C6 - C3 - C6) diferentes que se clasifican en varias familias según cambios en su estructura básica. Los flavonoides es el grupo más ampliamente distribuidos (flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavanonas, antocianinas y flavonoles), estos son constituyentes naturales de los alimentos vegetales y proporcionan en gran medida, el flavor, color y textura de estos alimentos. Los flavonoides más abundantes en los vegetales son los flavonoles y las flavonas (J. Pokorny, Janda, et al., 2005).

1.1.28 Antioxidantes

Los antioxidantes son componentes importantes en el ámbito de los alimentos procesados se le define como ingredientes que protejan la calidad de los alimentos retardando la oxidación (Alcázar, 2002). Como también los

antioxidantes son moléculas importantes que tiene la propiedad de impedir o prevenir la oxidación con otros moléculas (Pokorny y Gordon, 2005).

Los antioxidantes desactivan los radicales libres minimizando el daño y protegiendo el organismo del ser humano de enfermedades (Padilla, Rincón, et al., 2008).

Watson y Preedy (2013) menciona un antioxidante es un compuesto natural o sintético que inhibe la oxidación o reacciones iniciadas por el oxígeno, peróxidos o los radicales libres. Además los antioxidantes son sustancias que se encuentran en pequeñas concentración en comparación a un sustrato oxidable protegen, previene o retardan el proceso oxidativo (Watson y Preedy, 2013).

1.1.29 Importancia de los antioxidantes

Los antioxidantes son importantes por sus compuestos que impiden o retrasan la oxidación de otras moléculas inhibiendo, la propagación de las reacciones en la cadena, además el antioxidante dona los átomos del hidrogeno a los radicales libres, de tal forma inhiben la propagación de la reacción en cadena (Velioglu et al., 1998). Los antioxidantes más conocidos son: vitamina C, vitamina E, Beta-caroteno (una forma de vitamina A) y Selenio (mineral) (Reardon, 2009).

1.1.30 Tipos de antioxidantes

Los cientos de compuestos naturales y sintéticos, con propiedades antioxidantes, aunque para su empleo en los alimentos debe cumplir ciertas exigencias, entre ellas la de superar las pruebas de inocuidad (Fennema, 2000). Los antioxidantes se clasifican en naturales (fisiológicos), presentes en nuestro organismo y sintéticos. Dentro de cada grupo, los antioxidantes pueden ser enzimas que aumentan la velocidad de ruptura de los radicales libres, o previenen la participación de iones de metales de transición en la generación de radicales libres y los inactivadores o barredores ("scavengers") y de esa manera protegerían de las infecciones del deterioro celular, del envejecimiento prematuro y probablemente del cáncer (Aruoma, 2000).

A. Antioxidante sintético

Los antioxidantes sintéticos más usados son compuestos fenólicos como el hidroxitolueno butilado (BHT), hidroxianisol butilado (BHA) y butilhidroquinona terciaria (TBHQ) se añaden a los aceites para estabilizar la degradación oxidativa durante el almacenamiento y la fritura (Sikwese y Duodu, 2007).

Aunque el BHT y BHA son muy eficaces durante el tiempo de almacenamiento de aceites y grasas, pero son menos eficaces a temperaturas de fritura debido a su volatilidad (Urbancic et al., 2014), mientras el TBHQ es más eficaz en el control de las reacciones de oxidación durante la fritura (Crosa et al., 2014).

Todos los antioxidantes sólo tienen un modo de acción, que es a través de eliminación de radicales libre y no son capaces de quelariones de metal (Tsao y Deng, 2004).

El uso de los antioxidantes sintéticos son limitadas en un 0.02% del contenido de aceite para suprimir el desarrollo de peróxidos durante el almacenamiento (Pokorny et al., 2005).

La toxicología de antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad. En este sentido, los productos naturales presentan como sustancias más saludables y seguras (Pokorny et al., 2001).

B. Antioxidantes naturales

Pokorny et al. (2005) mencionan a los antioxidantes naturales como aquellas sustancias que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales.

Zheng y Wang (2001) indica a los compuestos antioxidantes de origen natural de fuentes vegetales se han identificado como eliminadores de oxígeno o radicales libres activos, mientras que los compuestos fenólicos se hallan en forma de (flavonoides, ácidos fenólicos, alcoholes, estíbenos,

tocoferoles, tocotrienoles), ácido ascórbico y carotenoides (Laguerre et al., 2007).

Los antioxidantes naturales tienen funcionalidad en aceites y agua tales como la solubilidad que son de interés para emulsiones en los sistemas alimentarios y beneficios en la salud humana, como antibacteriano, antiviral, antimutagénica, antialérgica, efectos anticancerígenos, actividad antiulcerosa, etc. (Moure et al., 2001).

1.1.31 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante es la medida de los moles de un radical libre dado reducido por una solución prueba, independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Tememoche, 2003).

Actividad antioxidante de varios compuestos naturales y sintéticos comprende una transición redox mediante el cual la molécula antioxidante dona un electrón o átomo de hidrógeno, equivalente a la donación de un electrón y un H^+ al radical libre R (Gamarra, 2003). La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como la vitamina C, vitamina E o β caroteno, además de los recientes estudiados y caracterizados compuestos fenólicos (flavones, isoflavones, flavonones, antocianinas, catequinas e isocatequinas), estos últimos son frecuentes de la dieta humana y han demostrado tener una alta capacidad antioxidante (Tememoche, 2003).

En los alimentos de origen vegetal como en frutas, hortalizas y cereales tal como se muestra en tabla 7, estos están en la dieta que cumple el efecto protector contra algunas enfermedades. Dicha propiedad se debe a la presencia de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante de una mezcla compleja de compuestos fenólicos (Padilla, Rincon, et al., 2008).

Tabla 7

Capacidad antioxidante en alimentos de importancia

Capacidad antioxidante (ug trolox/ g)	
Kiwicha	660.37
Kañihua	1509.80
Quinoa	2400.55
Maíz morado	4720
Camote morado	3167

Nota. Repo y Encinas (2008).

1.1.32 Radicales libres

Youngson (1994) indica que los radicales libres son átomos o grupo de átomos capaces de existir independientemente y que presentan un electrón desapareado (Prior, 1998). Así mismo señala que los radicales libres se caracteriza por ser: Electrón no apareado y alta inestabilidad capas en producir energía.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Repo y Encina (2008) determinaron la capacidad antioxidante en tres pseudo cereales en crudo (quinua, cañihua y kiwicha) por el método de Folin – Ciocalteau, donde obtuvieron mayor capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en quinua.

Egas et al. (2010) realizaron trabajos sobre la caracterización física y química en granos de quinua de la variedad Tunkahuan y producto expandido, los niveles de humedad utilizada es de 16% y 17% con una presión de 140 psi logrando mayor índice de expansión con 17% de humedad y presión de descarga 140 psi.

En el trabajo de investigación analizaron dos variables rendimiento en g.m² y aumento de volumen en %, obtuvieron muy bajos entre ambas variables, también se observó que los valores más altos de % de grano que reventando están entre 3.5 y 6.0% de humedad del grano que corresponden a la variedad L1, los

resultados que reportaron valores altos de % de humedad de 12 y 14%, como lo más recomendables para un reventado de grano, con la conclusión en mayores rendimientos de grano y mayor disponibilidad de agua en el periodo de crecimiento, en la capacidad de reventado del grano se asocia con menores cantidades de humedad (Suarez-Ramos et al., 1991).

Aguilar et al. (2017) analizaron los compuestos fenólicos aplicando el método de follin ciocalteu y para la capacidad antioxidante los métodos DPPH, ABTS, y FRAP del *Amaranthus* en la etapa de germinado y no germinado de cuatro variedades, luego de realizado los análisis obtuvieron como resultado mayor contenido de fenoles totales en la etapa de germinado de las variedades Cristalino – Taray de 32,92 y 35,00 mg GAE/g de muestra y con respecto a la capacidad antioxidante las mismas variedades mostraron mejores resultados por los métodos aplicados DPPH con valores de (151,85 y 151,38 mg TE/g de muestra); ABTS con valores de (178,09 y 180,18 mg TE/g de muestra) y FRAP con valores de (132,75 y 136,42 mg TE/g de muestra).

Waqas et al. (2013) los investigadores estudiaron la capacidad antioxidante de extratos de las semillass de *Vitis vinifera*, *Tamarindus indica* y *Glycin max*, la actividad de eliminación de radicales libres se determinó por el método DPPH. Después de finalizado las pruebas mostro mayor capacidad antioxidante en las semillas de uva (*Vitis vinifera*) con 85,61 % y en seguida en las semillas de soja (*Glycin max*) con 83,45 % y tamarindo (*Tamarindus indica*) con 79,26 % de actividad. Finalmente concluye que las plantas contienen antioxidantes de utilidad para prevenir enfermedades.

1.2.2 Nacionales

En la Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima, se realizaron investigaciones en, “Procesamiento de Kiwicha por el método por Expansión por explosión”, donde se determinó los valores óptimos de las variables más importantes del procesamiento de kiwicha expandida, también se evaluó la variación de la composición química de la materia prima y el producto final; los resultados de las pruebas experimentales definitivas fueron, 180 lb/plg² y humedad 13%, los que han sido analizadas para determinar el volumen, la capacidad de expansión y la humedad del producto , en cuanto al análisis

microbiológico no hay contaminación corroborando la calidad sanitaria (Castro, 1986).

Riva (2010) comparó el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de quinua cruda y procesada variedad Salcedo INIA proteína en quinua escarificada 14.27%, quinua cocida 12.66% y quinua tostada-cocida 7.93%; compuestos fenólicos en quinua escarificada 70.03 mg. ácido gálico/100g, quinua cocida 47.24 mg. Ácido gálico/100g, y quinua tostada-cocida 53.31 mg. Ácido gálico/100g ms; capacidad antioxidante en quinua escarificada 5.99 uMol Trolox eq. / g, quinua cocida 4.51uMol Trolox eq. / g, y quinua tostada – cocida 4.88 uMol Trolox eq. / g.

Loayza y Escalante (2006) en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en hojas de yacón y del efecto de la deshidratación en su estabilidad, al finalizar las pruebas de su trabajo de investigación llega a concluir que no existen diferencias significativas entre el control y el producto liofilizado, obteniendo valores de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante con los más altos porcentajes de retención (95,66 y 97,73%).

Castillo (2010) en su trabajo de investigación determino la estabilidad de los compuestos antioxidantes en la etapa de germinación y proceso de extrusión de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), finalizado las pruebas se obtuvieron los resultados: En la etapa de germinado presento mayor contenido en compuestos fenólicos cuyo valor 351,1 mg EAG/100 g. y mientras en la etapa de extruido cuyo valor es inferior de 208,8 mg EAG/100 g con respecto a la cañihua germinada y con respecto a la capacidad antioxidante aplicado el método ABTS los resultados encontrados fueron en la cañihua germinada presento un valor alto de 4432,5 μ mol ET/100 g que en la cañihua extruida de 2093,9 μ mol ET/100 g.

Choque (2013) en su trabajo de investigación determino los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en tres pseudo cereales como son: quinua, cañahua y kiwicha en crudo. Luego de realizado el análisis obtuvo como resultados que quinua roja pasankalla tiene mayor contenido de compuestos fenólicos de 139, 94 mg ácido gálico/100 g. que la cañihua 85,71 mg ácido gálico/100 g y kiwicha 30,41 mg ácido gálico/100g, con respecto a la capacidad

antioxidante la quinua roja pasankalla muestra mejor resultado de 2400, 55 μg trolox/g) que la cañihua y kiwicha esto indica que los cereales de colores contiene propiedades funcionales.

Vidaurre et al. (2017) investigaron el contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides, pigmentos betalámicos y capacidad antioxidante en quinua (*Chenopodium quinoa* W.), después de las etapas de lavado, secado y cocción. Para su evaluación utilizaron dos variedades de quinua (Pasankalla y Negra Collana) provenientes de la Dirección Regional de Agricultura de Cajamarca. Los resultados al inicio en CFT, F y PB fue mayor en la quinua Negra Collana que en la quinua Pasankalla y en la etapa de procesamiento el comportamiento fue similar, mientras en la etapa de secado y cocción capacidad antioxidante se incrementó y mientras los PB de las dos variedades de quinua se degradaron. Las dos variedades de quinua después del proceso de cocción contiene un elevado capacidad antioxidante es considerado como alimento funcional.

Anticona et al. (2016) analizaron los contenidos de compuestos fenólicos en arándanos frescos, zumos, pulpa y arándanos deshidratados. Luego de realizar las pruebas en laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados: los arándanos deshidratados mostraron mejor resultado en (promedio 1011.5 mg GAE/100g) en compuestos fenólicos que en pulpa de arándanos (379, 358.7 y 234 mg GAE/100g) frescos y zumos. Se concluye que las variedades de arándanos determinan el contenido de polifenoles. Por tanto sus productos derivados son importantes.

Cervantes-Sierra et al. (2019) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de analizar los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de hojas de camote morado del valle Pachachaca Abancay Apurímac, aplicando el método Folin Ciocalteu para los polifenoles y para la actividad antioxidante por 2 métodos químicos (TEAC) y (ABTS). Luego de realizado las pruebas obtuvieron los siguientes resultados: fenoles TCM y TVC de 14.16 y 9.40 mg de GAE/g, capacidad antioxidante (ABTS) obteniéndose 8.61 y 7.98 μmol Trolox/mL en TCM y TVC, ABTS) obteniéndose 8.61 y 7.98 μmol Trolox/mL en TCM y TVC demostrando estos resultados que el TCM presenta mayor poder bioactivo; así mismo también realizaron las pruebas con el método TEAC - 1,1-diphenyl-2-

picrylhydrazyl (DPPH) obtuvieron valores de 25.16 y 25.63 $\mu\text{mol Trolox/g}$ para TCM y TVC, donde TCM supera en capacidad antioxidante del TVC entonces es considerado como una bebida bioactivo.

Pinelo et al. (2006) los investigadores indican que los compuestos fenólicos se encuentran en las plantas comestibles, cereales, frutas. En estos últimos tiempos los investigadores analizaron y describieron las propiedades de los compuestos fenólicos donde indican que estos compuestos actúan como conservante de los alimentos, protección contra una serie de alteraciones patológicas en el cuerpo de los seres humanos, cumpliendo como propiedades antioxidantes.

1.2.3 Locales

Tacora et al. (2010) evaluaron el efecto que ejerce el proceso de expansión por explosión a presiones de 120, 140 y 160 lb pulg² En la variedad Illpa capacidad antioxidante cañihua cruda 2174 ± 33.32 ug Trolox eq. / g, a 120 (Lbf.pulg²) 2537 ± 135.33 ug Trolox eq. / g, a 140 (Lbf.pulg²) 2889 ± 22.84 33 ug Trolox eq. / g, a 160 (Lbf.pulg²) 3211 ± 9.72 ug Trolox eq. / g; Compuestos fenólicos cañihua cruda 87.35 ± 0.88 mg. ácido gálico/100 g, a 120 (Lbf.pulg²) 170.1 ± 5.57 mg. Ácido gálico/100 g ms, a 140 (Lbf.pulg²) 225.14 ± 14.93 mg. ácido gálico/100 g, a 160 (Lbf.pulg²) 293.16 ± 11.25 mg. ácido gálico/100gr, dando como resultado que el proceso de expansión por explosión incrementó el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante a medida que incrementan las presiones de trabajo.

Sucari (2003) realizo estudios de elaboración de expandidos a base de: Quinoa blanca, cañihua, kiwicha y cebada donde determino valores óptimos de presión y humedad que se muestra en tabla 8.

Tabla 8*Valores de presión y humedad en el proceso de expansión*

Producto	Variedad	Presión lb / pulg ²	Humedad (%)
Cañihua	Ramis	200	15
Cañihua	Cupi	190	16
Quinoa Blanca		165	14
Kiwicha		145	13
Cebada		180	14

Nota. Sucari (2003).

También se realizaron estudios en “Procesamiento del maíz por el método de Expansión por Explosión” Determinándose los valores óptimos de la variables más importantes que son: Presión 180 lb/plg² y Humedad del 12%, obteniéndose muestras de maíz expandido que fueron analizadas para determinar sus características físicas (Espinoza, 1986).

Luna y Tacora (2008) realizaron el estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la cocción - extrusión en la capacidad antioxidante, fracción indigestible, fitatos y polifenoles totales en 3 variedades de cañihua, utilizando los métodos: Composición proximal del grano de cañihua, método AOAC (1995), Azucares libres, método colorimétrico DNS AACC (1984), Fracción indigestible, método de Saura Calixto et al., 2000. Al finalizar el trabajo obtiene como resultado diferencias en sus contenidos de proteína, extracto etéreo, polifenoles totales y capacidad antioxidante entre variedades, sobresaliendo Ramis por su contenido de proteína (19.34 % b.s) y Cupi por su extracto etéreo (12.8% b.s.). Los polifenoles totales variaron entre 2.33 - 2.53 (mg de ácido gálico Eq./g b.s) la variedad cupi presento la mayor y la capacidad antioxidante varia 36.86 - 41.78 (~mol Trolox Equivalente/g b.s), Siendo la variedad Cupi la que presentó los mayores niveles (41.78 ~mol Trolox Equiv./g). La Fracción Indigestible vario entre 44.6- 50.79 %. El contenido de fitatos varió entre 0.78- 0.83 %. El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante disminuyeron en 47.6 y 66 %, mientras en fitatos no fue afectado respectivamente.



Quispe (2016) en su investigación tuvo como objetivo de analizar el contenido proteico, fenoles y capacidad antioxidante en dos variedades de quinua tanto orgánica y convencional en crudo y en el proceso de extruido, luego de realizar las pruebas correspondientes obtuvo como resultado que la variedad orgánica frente a la variedad convencional mostró mostrando diferentes resultados, mientras en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos la quinua orgánica extruida mostró mejores resultados en ambos casos.

Yapuchura (2010) en su trabajo de investigación analizo los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en hojas de la muña (*Minthostachys mollis* (Kunth) Griseb.) e inca muña (*Clinopodium bolivianum* (Benth.) Kuntze). Finalizado de analizar el contenido de compuestos fenólicos encontrados en ambos arbustos presentaron valores similares, mientras en la capacidad antioxidante de la inca muña destacó por sobre la encontrada en la muña.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

El amaranto es de origen de América Central, alimento pre colombina. En las últimas décadas, no sólo se ha cultivado en América Central sino también se difundió por América Latina, Asia, Europa y algunos países de África (Escudero et al., 2004). Hoy en día los productores de pseudo cereal (kiwicha) son China, India, Perú, México y Estados Unidos, así mismo este alimento es considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como uno de los cultivos por sus componentes nutricionales, funcionales capaces de prevenir enfermedades, sino también por sus múltiples usos. Este grano andino, en los últimos 10 años ha tenido un crecimiento sustancial en producción en Arequipa (Perú), a inicios de la década de 1990 en Majes y Cotahuasi, desde entonces su producción estuvo destinado al mercado Nacional e Internacional como alimento del futuro, se registra una demanda creciente de materia prima y productos procesados por sus diferentes usos alimenticios y medicinales, debido a sus características nutricionales (Tapia, 2000).

En la actualidad el abastecimiento de productos industrializados como son los expandidos de cereales (kiwicha), en la Región de Arequipa – Provincia de la Unión, no se cuenta con parámetros de humedad, presión estandarizados registrados para las variedades “Oscar Blanco” y “INIA 414. Con la determinación de estos parámetros óptimos se propiciara su industrialización en gran escala; así mismo generara puestos de trabajo e incrementar el ingreso económico de las pequeñas y medianas empresas dedicadas al procesamiento de expandidos y de tal manera incentivar al sector productor en la producción del cereal, enfocar una alternativa de aprovechamiento, industrialización y comercialización. En estas últimas décadas, Se cree que la kiwicha expandido cumplen la función de alimentos funcionales y son valorados por sus componentes biológicamente activos, los cuales actúan beneficiosamente sobre una o más funciones del cuerpo, mejorando la salud y/o reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades degenerativas (Olmedilla y Granado, 2007). Dentro de estos compuestos bioactivos se encuentran los compuestos fenólicos, actividad antioxidante que atrapa los radicales libres, previniendo que estos se unan y dañen las moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN), lo cual es un paso crítico en la iniciación de los procesos carcinogénicos (Repo y Encina, 2008).

2.2 Enunciados del problema

De lo anunciado anteriormente se desprende el siguiente problema central:

2.2.1 Problema general

- ¿En qué medida influye la humedad la presión en las propiedades físicas y funcionales en dos variedades de kiwicha (*Amarantus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros óptimos del efecto de humedad y presión en las propiedades físicas de dos variedades de kiwicha (*Amarantus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión?
- ¿Cuál es el efecto de humedad y presión en las propiedades funcionales de dos variedades de kiwicha (*Amarantus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión?

2.3 Justificación

Actualmente, los consumidores cada vez más exigentes, exigen productos de calidad y bajo diferentes presentaciones, que tengan bondades nutricionales y sobre todo funcionales; constituyéndose los granos andinos en uno de los alimentos con alta calidad nutricional.

La kiwicha, quinua es uno de los pseudo cereales es considerado como alimento nutritivo por excelencia en la dieta humana. Además, la kiwicha es un cultivo con potencial rendimiento de 4000 kg/ha.

La elaboración de expandidos presenta grades bondades nutricionales, bioelementos esenciales como polifenoles, componentes antioxidantes capaces de mantener prevenir enfermedades de los consumidores.

La necesidad de búsqueda de parámetros óptimos del proceso de expandido de los alimentos en calidad nutricional para la alimentación humana se vuelve cada vez más relevante, esto hace que los cereales en la actualidad tengan un papel muy importante,

por esto se busca un cereal con alta calidad nutricional, la cual es muy importante para el desarrollo y funcionamiento del cuerpo humano.

Esta tecnológica proporciona un producto con alto valor nutritivo de tal forma resolver problemas de desnutrición en nuestro país y además es una alternativa comercial de productos expandidos.

Asimismo al realizar la presente investigación nos permitirá conocer el uso adecuado y comportamiento de la variedad Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión, además ver las diferencias en la capacidad antioxidante y polifenoles totales en estudio.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Determinar en el proceso de expansión por explosión el efecto de % de humedad y presión sobre las propiedades físicas y funcionales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la humedad y presión sobre las propiedades físicas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión.
- Determinar el efecto humedad y presión sobre las propiedades funcionales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- En el proceso de expansión por explosión influye el % de humedad y presión en las propiedades físicas y funcionales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414- Taray.



2.5.2 Hipótesis específicas

- Es posible obtener los parámetros óptimos del efecto de humedad y presión en las propiedades físicas de dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión.
- Es posible obtener el efecto de humedad y presión en las propiedades funcionales de dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray en el proceso de expansión por explosión.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La parte experimental se desarrolló en el Centro de Formación Tecnológica Empresarial y de Servicios ubicado en la Calle San Juan s/n, Distrito de Tomepampa Provincia de La Unión, Arequipa y la parte de análisis de Compuestos de Fenólicos Totales y Actividad Antioxidante se llevó a cabo en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de Control de Calidad de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

3.2 Población

Se trabajó con 02 variedades de kiwicha Oscar Blanco (Productores de Cultivos Orgánicos de la Provincia de la Unión Región Arequipa) y la variedad INIA 414-Taray (Cusco).

3.3 Muestra

La muestra estuvo constituido por 8 tratamientos y tres repeticiones con un total de 24 unidades experimentales por variedad.

3.4 Método de investigación

El trabajo de investigación es de carácter experimental cuantitativa, En la figura 6, se presenta el diagrama flujo del procesamiento de la kiwicha expandida por explosión donde se determinaron propiedades físicas y funcionales de dos variedades de kiiwcha como se observa.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

A. Kiwicha

Los granos de kiwicha utilizada para la investigación es la variedad Oscar Blanco y la variedad INIA 414-Taray (*Amaranthus caudatus*), granos seleccionados exento de olores y sabores desagradables.

B. Recepción de materia prima

Se registró la calidad de materia prima y el peso inicial de la kiwcha, al inicio del proceso de producción a fin de contar con una materia prima libre de impurezas.

C. Acondicionamiento de materia prima

Primeramente determinamos el contenido de humedad inicial con el medidor de humedad (higrómetro), antes de llevarlo al cañón expandidor, seguidamente se hizo la hidratación de la kiwcha agregando la suficiente cantidad de agua y dejando en reposo por un tiempo de 20 - 30 minutos por cada variedad hasta llegar a las variables de estudio como podemos observar en la tabla 9, para ello se utilizó envases de polietileno, bandejas de plástico de capacidad de 5 kg , probetas 10, 25, 50, 100, y 1000 mL y pipetas graduadas 5 - 10 ml.

D. Pre calentamiento del equipo expansor

El equipo tuvo una capacidad de 500 g, el expansor se fijó un lugar adecuado y se procedió a realizar su limpieza, desinfectado y luego es calentado por un tiempo de 25 minutos mediante un soplete a gas a través del orificio que permite el suministro directo del fuego a la cámara o esfera del equipo expansor, el equipo tiene una rueda de giro que al ser manipulado permite el calentamiento homogéneo del equipo.

E. Pesado y alimentación

Primeramente se pesó 500g de kiwcha para luego ser alimentado a la cámara del cañón expansor previamente calentado, mediante un embudo metálico se alimenta y luego se cerró herméticamente la tapa del expansor.

F. Calentamiento del grano

Una vez cerrada herméticamente la boca de la cámara del expansor, de inmediato se suministró calor mediante el soplete a gas, hasta que alcance la presión requerida de 140, 160 lb /pulg².

G. Expansión por explosión

El cañón expansor cumple con las condiciones de trabajo adecuadas como calentamiento del grano y alcance el nivel de presión de 140, 160 lb /pulg² controlado por el manómetro del equipo, se retirara el soplete, abriendo inmediatamente la tapa y es cuando se produce una caída de presión, el cual implica una repentina transferencia de masa de vapor sobre calentado esto hace que los granos salgan disparados de manera explosiva de la boca de la cámara el producto inflado.

H. Recepción

Se utilizó manga de polietileno acondicionada alrededor del expansor donde se recepciono la kiwicha expandida, esta operación se realizó con la finalidad de evitar pérdidas y contaminación por microorganismos del suelo.

I. Tamizado y selección del producto

Se realizó con la finalidad de separar los granos pequeños que no alcanzaron el aumento de volumen o granos quemados mediante la operación de tamizado.

J. Envasado

Etapa final del producto expandido, una vez enfriado se procedió a envasar en bolsas de polipropileno, luego se utilizó una selladora manual tipo grampa para sellar las bolsas y luego fueron codificados para sus respectivas evaluaciones de índice de expansión, capacidad de expansión, densidad aparente, polifenoles totales y capacidad antioxidante.

Tabla 9

Humedad adecuada y agua requerida a las variedades de kiwicha

Muestra	Humedad Inicial (%)	Humedad final (%)	Humedad Requerida (%)	Agua requerida (ml/500g)	lb /pulg ²
		14	5.34	31	140
		15	6.34	37	160
		14	5.34	31	140
		15	6.34	37	160
		14	5.34	31	140
		15	6.34	37	160
KIWICHA	8.66	14	5.34	31	140
<i>(Amaranthus</i>		15	6.34	37	160
<i>caudatus)</i> Oscar		14	5.34	31	140
Blanco		15	6.34	37	160
		14	5.34	31	140
		15	6.34	37	160
		14	4.82	28	140
		15	5.82	34	160
		14	4.82	28	140
		15	5.82	34	160
		14	4.82	28	140
Variedad INIA	9.18	15	5.82	34	160
414- Taray		14	4.82	28	140
		15	5.82	34	160
		14	4.82	28	140
		15	5.82	34	160
		14	4.82	28	140
		15	5.82	34	160

El proceso de acondicionamiento del grano de kiwicha para ambas variedades, se realizó de acuerdo a la siguiente expresión (Ramírez et al. 2018).

$$H2O_{ml} = m1x \frac{(h2 - h1)}{(100 - h2)}$$

Donde:

ml = masa inicial del producto

ml = H2O a añadir

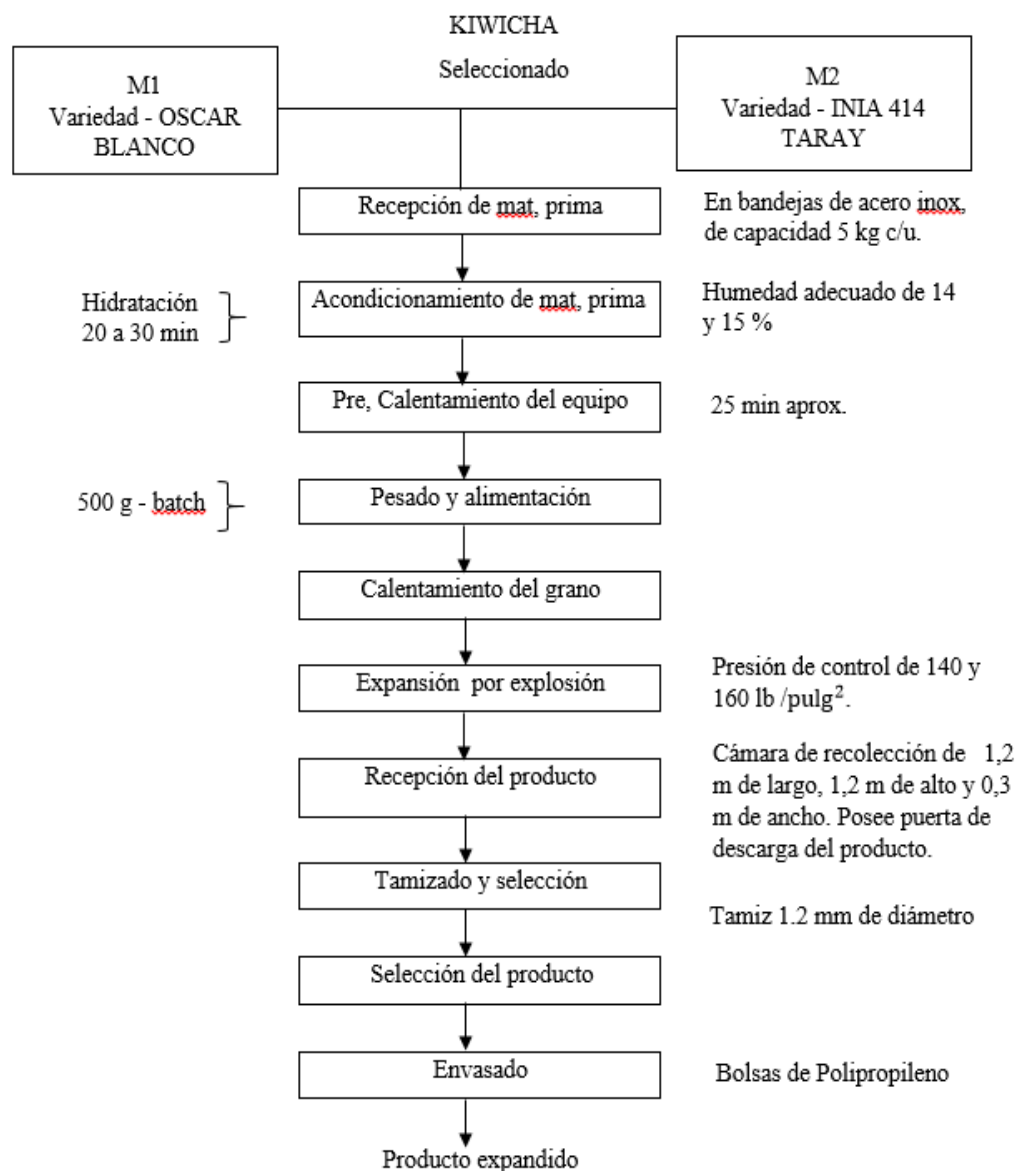
h_1 = humedad del producto a inicio del proceso

h_2 = humedad final del producto obtenido

En la figura 6, se presenta el diagrama flujo del procesamiento de la kiwicha expandida por explosión donde se determinaron propiedades físicas y funcionales de dos variedades como se observa.

Figura 6

Diagrama de flujo del procesamiento de kiwicha expandida por explosión
(*Amaranthus caudatus*)



3.5.2 Análisis físico del producto expandido por explosión

A. Índice de expansión o volumen de expansión

Pesar 500g de kiwicha y luego llevar a una probeta graduada y medir el volumen que ocupa los 500 gramos g de kiwicha para luego ser sometida al proceso de cocción y dejar enfriar 3 a 5 minutos del expandido; y llevar a la misma probeta el producto expandido y determinar el índice de expansión, la metodología mencionada por (Tacora, Luna, Bravo, Mayta, Choque, y Ibanñez, 2010), que consiste en medir las unidades de volumen que ocupan los "granos" sin insuflar y el volumen que ocupan los mismos, luego del insuflado. Para determinar este parámetro aplicamos la siguiente formula.

$$IE = \frac{Vf}{Vi}$$

Donde:

IE = Índice de Expansión

Vf = Volumen final

Vi = Volumen inicial

B. Capacidad de expansión

Sucari (2003) indica que esta evaluación se realiza en función al peso del producto insuflado, con relación a la muestra de la materia prima, se aplica la siguiente fórmula.

$$\text{Rendimiento } \% = \frac{\text{Peso Promedio del Producto Insuflado}}{\text{Peso de materia prima}} \times 100$$

C. Densidad Aparente

Sucari (2003) determina aplicando la siguiente formula

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{\text{Peso Promedio del Producto Insuflado}}{\text{Volumen Promedio del Producto Insuflado}}$$

3.5.3 Determinación de polifenoles totales (PT)

Para determinar el contenido de polifenoles totales de kiwicha expandido se utilizó el método de Folin – Ciocalteu con algunas modificaciones reportado por (Singleton et al., 1999). Se aplicó el siguiente procedimiento: se comparó con una curva de calibración usando soluciones patrón de ácido gálico ($C_6H_2(OH)_3COOH$, luego se tomaron 200 μL de extracto de kiwicha , luego se añadió 100 μL de reactivo de Folin- Ciocalteu diluido 1:10 (grado analítico, Merck), se batió y se puso en reposo por 5 minutos, se adiciono 200 μL de solución de carbonato de sodio de Na_2CO_3 al 20 % y por último se agrega 1500 μL agua destilada; se batió fuertemente , se envolvió y se puso en reposo por un tiempo de 30 minutos a temperatura ambiente; se centrifugo por 15 minutos a 1500 rpm, al mismo tiempo se preparó una solución blanco de etanol al 95 % para llevar el espectrofotómetro a “cero “se colocó la alicota en una cubeta y se midió la absorbancia respectiva con el espectrofotómetro (Thermo Scientific GENESYS 20) a 765 nm, se guardaron las lecturas. Los compuestos fenólicos totales se expresa en Equivalentes de Ácido Gálico que están presentes en 100 gr. de muestra.

3.5.4 Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante se evaluó en términos de reducción del radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) con algunas modificaciones descrito por Brand y Berset (1997) se siguió el siguiente procedimiento: se tomaron 200 μL de muestra de los extractos de kiwicha expandido a 960 μL de solución metabólica de DPPH y se evaluó la actividad de las muestras para atrapar el radical DPPH, se agitaron en vórtex y se dejaron en reposo y en ausencia de luz para reaccionar a temperatura ambiente por 30 minutos, transcurrido el tiempo se centrifugo a 1500 rpm/10 min , al final de este proceso se procedió a medir la observancia de la mezcla con el espectrofotómetro (Thermo Scientific GENESYS 20) a 517 nm, se contrasto con el valor de la curva de referencia Trolox primario , se guardaron las lecturas y para corregir la línea base se utilizó 1ml de metanol a 1000 μL del extracto. Los resultados se expresan como coeficiente de concentración media de Inhibición al 50 % (CI50 o IC50) En equivalentes Trolox que están presentes en 100 g de muestra.

3.5.5 Materiales, reactivos equipos y servicios

Los equipos, materiales y reactivos que se utilizaron en el proceso de producción de expandidos de kiwicha por el método de expansión por explosión, polifenoles totales y actividad antioxidantes durante la investigación, son los siguientes:

A. Materiales de laboratorio

- Cronometro Casio Standard Digital, con una precisión de centésimas de segundo y capacidad para cronometrar hasta 24h
- Bandejas de material de acero inoxidable de capacidad de 5 kg
- Tamiz de diámetro de 1 y 2 mm
- Tapador de oídos
- Jarras mediadoras de plástico cap. 1 L
- Tazones rey
- Mesa de trabajo
- Balde transparente de 5 litros
- Envases de (polipropileno)
- Pipetas volumétricas de 1, 5,10 ml
- Termómetro digital con capacidad -15 a 300 °C
- Tubos de ensayo de 5 y 7 ml
- Mortero de porcelana de cap. 50ml
- Mortero de porcelana de cap. 250ml
- Cubetas de vidrio de 1 cm
- Gradilla plástica para 40 tubos de ensayo
- Fiolas 5, 10, 25, 50, 500 y 1000 ml
- Erlenmeyer 250ml.
- Matraces de 250, 500 y 1000 ml.
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10 ml.
- Probetas de 10, 50, 100 y 500 ml
- Micropipetas de 100 – 1000 uL
- Micropipeta 10 μ l - 100 μ l
- Micropipetas de cap. 0.5ml y 1ml, marca Pyrex

- Vasos precipitados de 25, 50, 100, 250 y 500 ml
- Papel aluminio de 8 mts x 0.30 mts. (Para conservar las muestras)
- Botellas de vidrio color ámbar. (Para conservar las muestras)
- Micropipeta 100 μ l - 1000 μ l marca voeco
- Micropipeta 10 μ l - 100 μ l marca voeco

B. Reactivos de laboratorio

- Ensayo DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazil).
- Etanol absoluto R.A. Merck
- Ácido gálico (ácido 3, 4,5- trihidroxibenzoico)
- Agua destilada
- Reactivo de Folin-Ciocalteu 2*N*
- Carbonato de sodio 20 %

C. Equipos

- Cañón o expansor con capacidad de 500g provisto con nanómetro (cap. 700 PSI)
- Determinador de humedad ADAM. MB 50
- Balanza electrónica digital de capacidad máxima de 1000g
- Soplete a gas
- Balón de gas de capacidad de 10 kg
- Cabina de recolección de expandidos
- Selladora manual tipo PFS - 300
- Espectrofotómetro Thermo Spectronic GENESYS 20
- Agitadores magnéticos Micromix Potencia 12 w rango de velocidad 200 – 1500 rpm
- Balanza analítica electrónica Henkel Serie KG 25550
- Centrifuga DYNAC 420101, USA
- Refrigerador
- Cocina eléctrica PREMIER

D. Servicios

- Análisis de laboratorio
- Material de impresión
- Internet y otros, etc.

3.5.6 Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente trabajo de investigación para ambos objetivos se utilizó el diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial de 2X2X2 con tres repeticiones, sometiéndose al análisis de varianza, cuyo factor de evaluación son: Variedad (V1yV2), Porcentaje de Humedad (14 y 15 %) y Presión de expansión (140,160 lb/pulg²). El número de tratamiento es de 8 con tres repeticiones con un total de 24 unidades experimentales. Además se realizó Análisis físico del producto expandido, polifenoles y capacidad antioxidante para el diseño experimental se usó el Software de Análisis Estadístico PROC MIXED de SAS versión 9 y para la comparación de medias utilizó un análisis de efectos simples con la prueba LSD.

El modelo planteado por es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijek},$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2$$

$$k = 1, 2$$

$$l = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

Y_{ijkl} : Es la variable de respuesta (índice de expansión, capacidad de expansión, densidad aparente, polifenoles totales y capacidad antioxidante).

μ : La media poblacional o constante común

α_i : Efecto de i -ésima factor variedad de kiwicha

β_j : Efecto de j ésima factor humedad

γ_k : Efecto de k – esima factor presión

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de interacción variedad con % de humedad

$(\alpha\gamma)_{ik}$: Efecto de interacción variedad con presión

$(\beta\gamma)_{jk}$: Efecto de interacción humedad con presión

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: Efecto de la interacción variedad con humedad y presión.

e_{ijkl} : Error experimental $ijkl$ NN (O.), tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Modelo de Análisis de varianza (ANVA)

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fe.	Ft ($p \leq 0.05$)
Variedad	(v-1)				
Humedad	(h-1)				
Presión	(p-1)				
VH	(v-1)(h-1)				
VP	(v-1) (p-1)				
PH	(p-1) (h-1)				
VHP	(v-1) (h-1) (p-1)				
Error experimental	vhp (r-1)				
TOTAL	Vhp r-1				

A. Variables independientes

- Variedad = (1) Oscar Blanco (2) INIA 414 Taray
- Humedad = (H1) 14% (H²) 15%
- Presión = (P 1) 140 lb/pulg.² (P2) 160 lb/pulg.²

B. Variables dependientes

- Índice de expansión (IE)
- Capacidad de expansión (%)
- Densidad aparente (gr/cm^3)
- Polifenoles totales (Eq Ac. Gálico mg/100g)
- Capacidad antioxidante (Trolox IC50 mg/g)

Tabla 11

Formato de recolección de datos

Variedad	V1= Oscar Blanco				V2 = INIA – 414 – Taray			
	H ° 1		H ° 2		H ° 1		H ° 2	
Presión lb/pulg. ²	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
	Tratamientos							
R1	V1H1P1	V1H1P2	V1H2P1	V1H2P2	V2H1P1	V2H1P2	V2H2P1	V2H2P2
R2	V1H1P1	V1H1P2	V1H2P1	V1H2P2	V2H1P1	V2H1P2	V2H2P1	V2H2P2
R3	V1H1P1	V1H1P2	V1H2P1	V1H2P2	V2H1P1	V2H1P2	V2H2P1	V2H2P2

Dónde:

V1 = Variedad

H1 = Humedad

P1 = Presión (lb/pulg.²)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

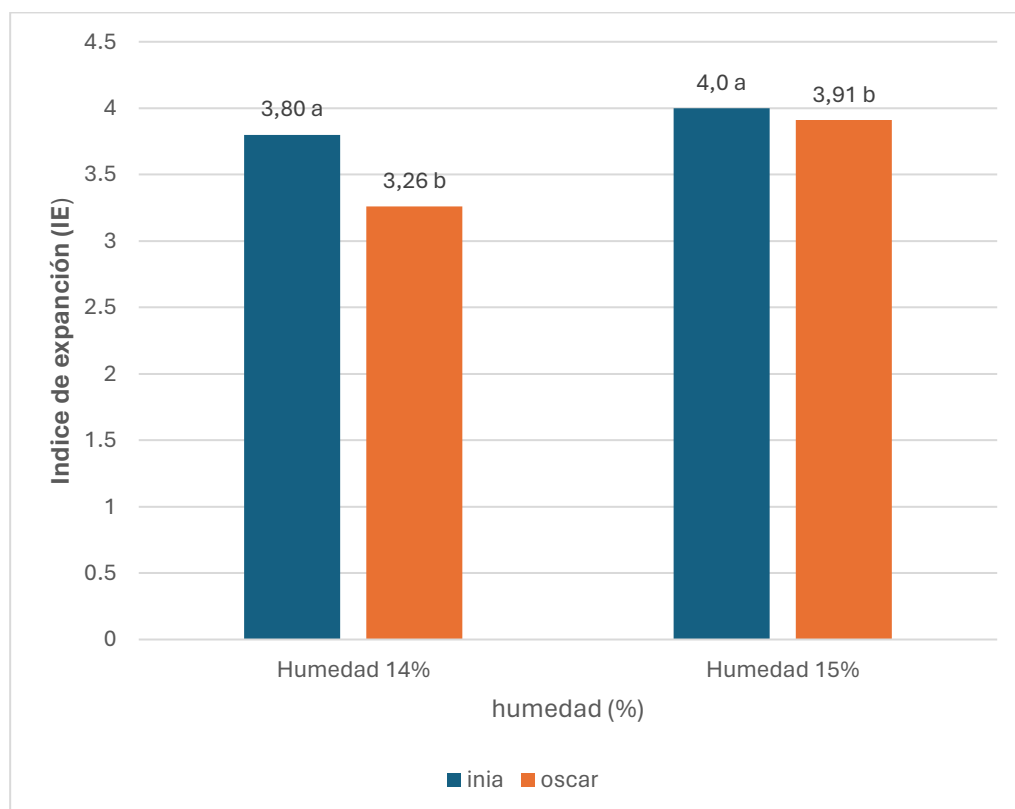
4.1.1 Efecto de la humedad y presión sobre el índice de expansión de la kiwicha

Los resultados del análisis de varianza (ANVA, anexo 2) muestran efecto significativo ($p < 0.05$) de las interacciones de segundo orden (Interacciones: Variedad \times Humedad y Humedad \times Presión).

La interacción Variedad \times Humedad se muestra en la figura 7 y el resultado del análisis de efectos simple (LSD) en el anexo 2(a). El índice de expansión (IE) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 3.80 vs 3.26 (a 14% de Humedad) y 4.0 vs 3.91 (a 15 % de Humedad), respectivamente.

Figura 7

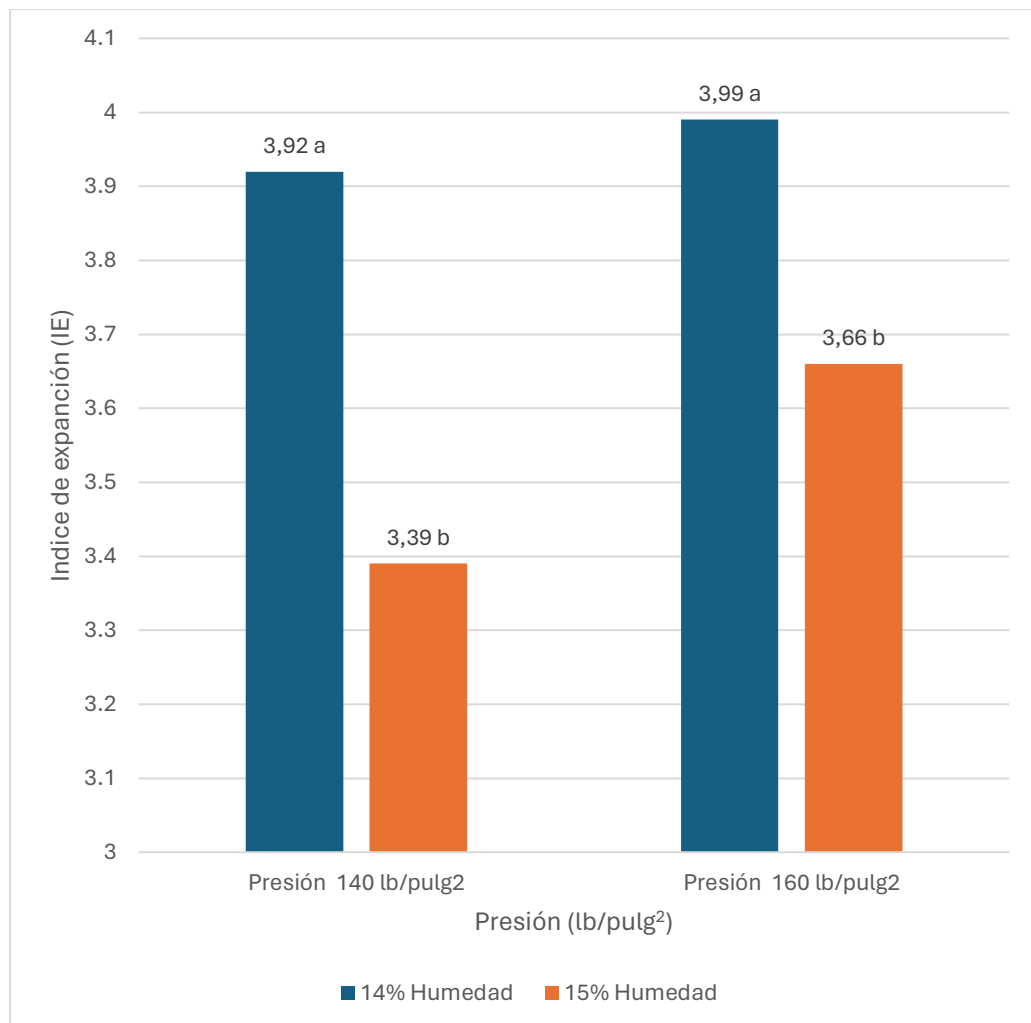
Comparación de efectos simple VxH (Índice de expansión)



La interacción Humedad \times Presión se muestra en la figura 8 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 2(b). El (IE) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) con el 14% de Humedad frente al 15% de humedad, cuyos valores fueron de 3.92 vs 3.39 (a 140 lb/pulg²) y 3.99 vs 3.66 (a 160 lb/pulg²), respectivamente.

Figura 8

Comparación de efectos simple HxP (Índice de expansión)



Castro (1987) al trabajar con granos de kiwicha obtuvo un IE de un incremento de 3.0 veces de su volumen original a (presión de 180 lb/pulg.²). Sin embargo Mujica y Ortiz (2006) reportó que el IE varía de acuerdo a la humedad y presión, el autor reportó valores de IE 5.21 y 6.04 a humedades de 12 y 16%, respectivamente, por lo que se deduce que el IE aumenta a medida que la humedad se incrementa.

Egas, y Ruilova-Duval, (2010) reportaron valores de IE iguales a 0.99 y 2.15 en dos variedades de quinua a humedad de 16 %. En granos de maíz, Schnetzler y

Breene (1994) y Espinoza (1986) determinaron valores de IE iguales a 9.5 y 13.53 respectivamente, acondicionando el grano de maíz al 12. % de humedad. Estos resultados son mayores a los encontrados en el presente trabajo, diferencias que podrían atribuirse a múltiples factores tales como: especie del grano, contenido de almidón, etc. Al respecto Chávez (1990) indica que el almidón de los granos influye en el índice de expansión, al respecto Schnetzler y Breene (1994) mencionan que el contenido de *amilosa* es de 0 a 22 % del almidón en *Amaranthus*. Por otro lado, (Yana Qispe, 2015) reporto valores de IE en tres variedades de quinua, Pasankalla a (12% H^o y presión 120 lb/pulg.² de 2.35 a 140 lb/pulg.² de 3.85 y a 160 lb/pulg.² de 5.54), Kankolla (120 lb/pulg.² de 3.16 a 140 lb/pulg.² de 3.17 y a 160 lb/pulg.² de 3.51) Ayara (120 lb/pulg.² de 2.33 a 140 lb/pulg.² de 2.58 y a 160 lb/pulg.² de 2.28) se observa que al incrementar la presión se obtiene un mayor índice de expansión. Así mismo Evaluaron el efecto de la presión de operación a (120 a 140 y 160) en un cañón tipo batch las características fisicoquímicas y funcionales en granos de cañihua expandidas, donde encontró como resultado que el IE incrementa en un 30% con el incremento de la presión de operación con una humedad de 7.5 % los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con lo mencionado (Tacora et al., 2010).

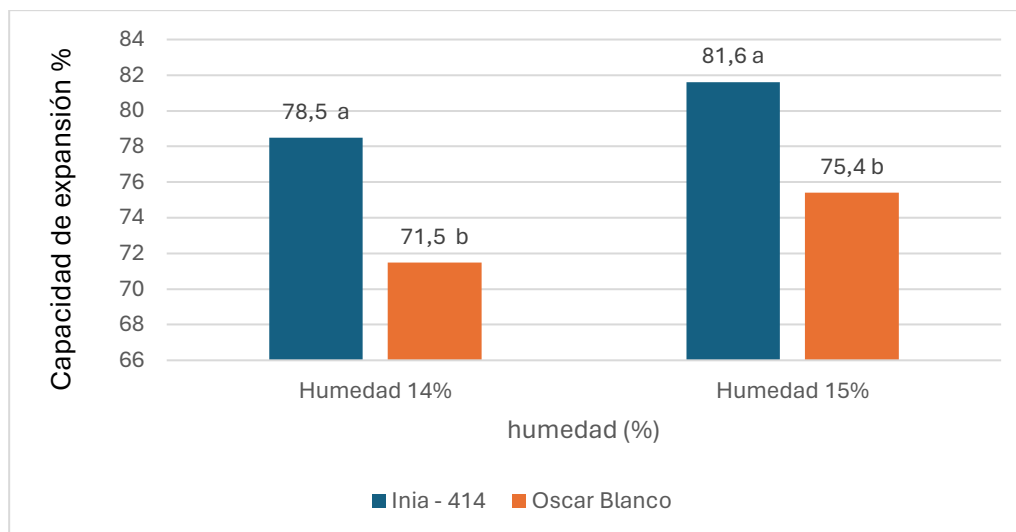
4.1.2 Efecto de la humedad y presión sobre la capacidad de expansión de la kiwicha

Los resultados del análisis de varianza (ANVA, anexo 3) muestran efecto significativo ($p < 0.05$) de las interacciones de segundo orden (Interacciones: Variedad \times Humedad y Variedad \times Presión).

La interacción Variedad \times Humedad se muestra en la figura 9 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 3(a). La capacidad de expansión (%) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 78.5 % vs 71.5 % a (14% de Humedad) y 81.6 % vs 75.4 % (a 15 % de Humedad).

Figura 9

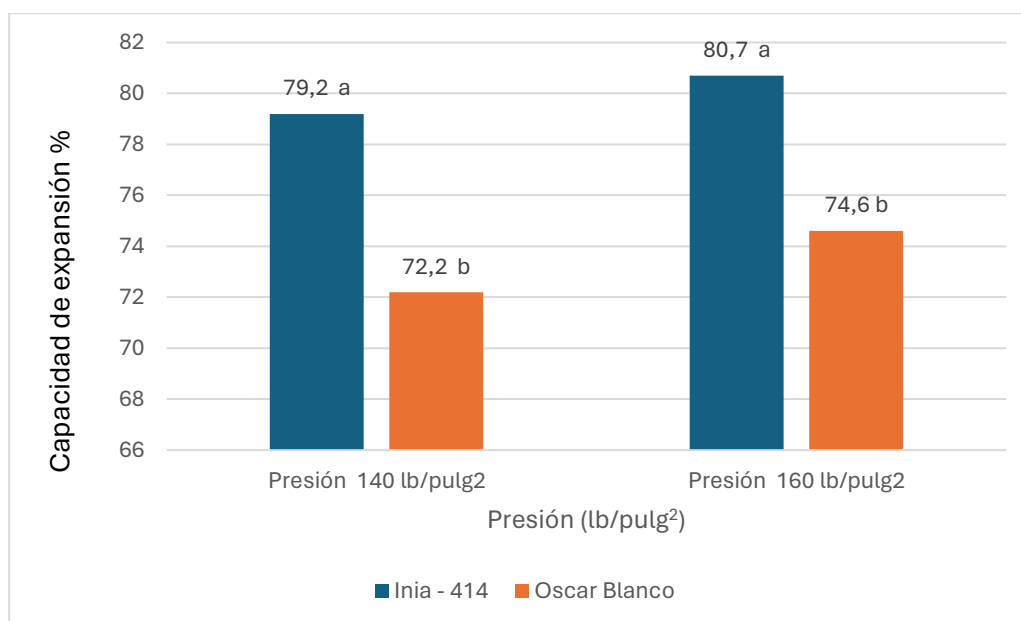
Comparación de efectos simple VxH (Capacidad de expansión)



La interacción Variedad × Presión se muestra en la figura 10 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 3(b). La capacidad de expansión fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 79.2 % vs 72.2 % (a presión de 140 lb/pulg²) y 80,7 % vs 74.6 % (a 160 lb/pulg²).

Figura 10

Comparación de efectos simple VxP (Capacidad de expansión)



Lara (1999) obtuvo un rendimiento de expansión en kiwicha obteniendo un 81 a 83 % con 12 % de humedad del grano. Es evidente trabajar con valores adecuados como menciona Ayala y Pardo (1995) quien reporta rangos óptimos de porcentaje de humedad de 14.5 a 15.5 % y de presión de 190 a 215 lb/pulg.² donde obtuvo un rendimiento óptimo en 75 a 80 %, en granos expandidos. Así También Sucari (2003) encontró valores de capacidad de expansión en granos expandidos en dos variedades de Cañihua, Ramis y Cupi (a Humedad 14 a 17 % a presión de 210 a 180 lb/pulg.²) cuyos valores son 78.2 a 82.22 %; estos valores guardan relación encontrados en el presente estudio. Al respecto también Paggi (2003) obtuvo valores en expandidos en cereales como: Arroz, Maíz, Trigo y Quinoa trabajo a presiones de 100 lb/pulg.², 120 lb/pulg.², 130 lb/pulg.² y 140 lb/pulg.² logrando encontrar un rendimiento promedio de 66.5 % sin humedecer los cereales. Asimismo también Osco (2013) reporto valores de rendimiento en expandidos a base de maíz (a 30% H° y presión 160 lb/pulg.²) obtiene un rendimiento de 80% respectivamente. Además Yana (2015) reporto también valores de rendimiento en tres variedades de quinua , Pasankalla (a 12% H° y presión 120 lb/pulg.² de 80.08 % a 140 lb/pulg.² de 85.58 % y a 160 lb/pulg.² de 94.50%), Kankolla (120 lb/pulg.² de 87.78 % a 140 lb/pulg.² 74.94 % y a 160 lb/pulg.² de 93.52 %) Ayara (120 lb/pulg.² de 76.62 % a 140 lb/pulg.² de 81.03% de 160 lb/pulg.² de 60.43%). Al respecto Quiles et al., (2002) indica la presión y la humedad es importante durante el proceso donde se incrementa la relación área superficial / volumen de fase sólida ocurre una modificación de la cristalinidad del almidón esto hace que mejore el rendimiento de los cereales expandidos. Estos resultados guardan relación con lo que sostienen cada uno de los autores.

4.1.3 Efecto de la humedad y presión sobre la densidad aparente de la kiwicha

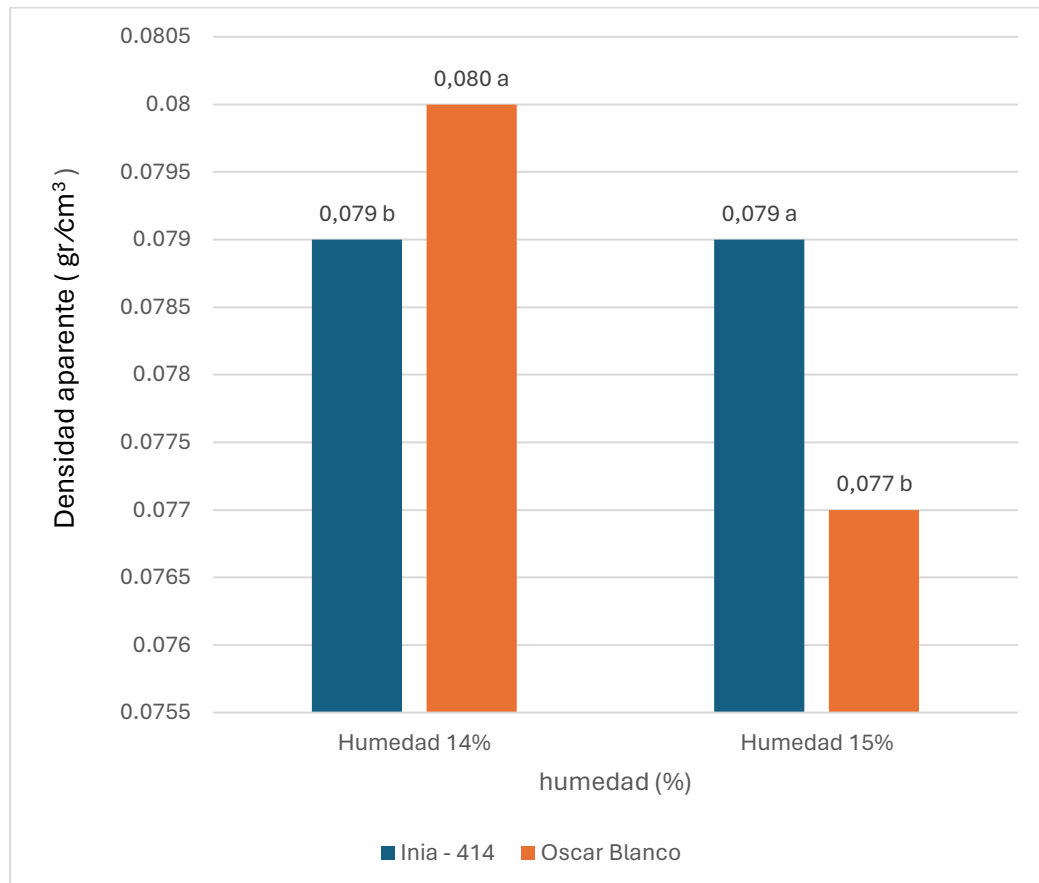
Los resultados del análisis de varianza (ANVA, anexo 4) muestran efecto significativo ($p < 0.05$) de las interacciones de segundo orden (Interacciones: Variedad \times Humedad, Variedad \times Presión y Humedad \times Presión).

La interacción Variedad \times Humedad se muestra en la figura 11 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 4(a). La densidad aparente

(ρ_a) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad Oscar Blanco frente a la variedad INIA 414-Taray, con valores de $0,080 \text{ gr/cm}^3$ vs $0,079 \text{ gr/cm}^3$ a (14% de Humedad) y mientras a (15% de Humedad) la variedad INIA 414-Taray, con valores de $0,079 \text{ gr/cm}^3$ vs $0,077 \text{ gr/cm}^3$ es superior a Oscar Blanco.

Figura 11

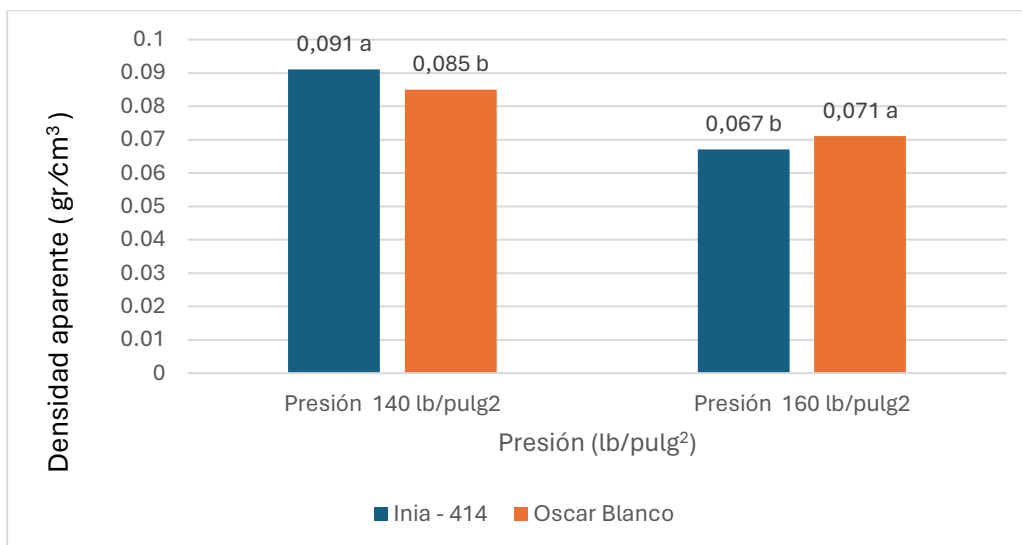
Comparación de efecto simple VxH (Densidad aparente)



La interacción Variedad \times Presión se muestra en la figura 12 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 4(b). La (ρ_a) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de $0,091 \text{ gr/cm}^3$ vs $0,085 \text{ gr/cm}^3$ (a presión de 140 lb/pulg^2) y mientras a (a presión de 160 lb/pulg^2) la variedad Oscar Blanco, con valores de $0,071 \text{ gr/cm}^3$ vs $0,067 \text{ gr/cm}^3$ es superior a INIA 414-Taray.

Figura 12

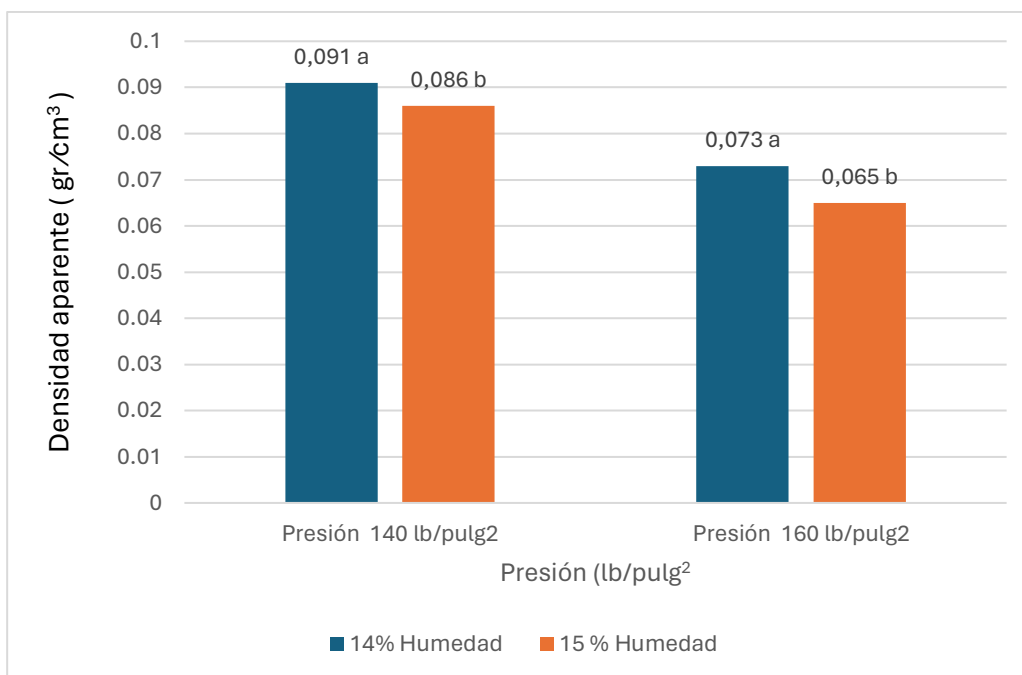
Comparación de efecto simple VxP (Densidad aparente)



La interacción Humedad × Presión se muestra en la figura 13 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 4(c). La (ρ_a) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) con el 14 % de humedad frente al 15% de humedad, cuyos valores fueron de 0,091 gr/cm³ vs 0,086 gr/cm³ a (140 lb/pulg²) y 0,073 gr/cm³ vs 0,065 gr/cm³ a 160 lb/pulg²).

Figura 13

Comparación de efectos simple HxP (Densidad aparente)



No existiendo trabajos de investigación relacionados al tema, se tomó como referencia a la (Quinoa, Cañihua y Maíz). Chagua y Palomino, (2014) encontraron valores de (ρ_a) en quinua Blanca 0.2572 g/ml, Huancayo 0.2185 g/ml y Rosada 0.2023 g/ml (a 30% H° y presión de 140 lb/pulg²). Así mismo Osco (2013) reportó valores de (ρ_a) del maíz amarillo duro sin expandir en promedio 0.66 gr/cm³, luego de expandirlo este valor disminuye de 0.048 a 0.033 gr/cm³ (a 25 % H° y presión 160 a 180 lb/pulg.²) y (a 30 % H° y presión 160 a 180 lb/pulg.²) la (ρ_a) es de 0.048 gr/cm³ a 0.037 gr/cm³. La diferencia en humedad y presiones empleados a mayor presión del proceso menor se espera la (ρ_a) del producto expandido según Rocha-Guzmán et al. (2006) de igual manera indican a la (ρ_a) como un buen índice de cambios estructurales que suceden en el material que gobierna la expansión entre la (amilosa /amilopectina) presente en la materia prima. Por otra parte Paggi (2003) afirma que el aumento de la presión en el maíz incrementa el grado de expansión a presiones (140 a 160 lb/pulg.²) el volumen se triplica la (ρ_a) disminuye esto ocurre para el resto de cereales andinos. Así mismo también Mezquita et al. (2011) confirman que a mayor volumen ocupado por la harina menor será el valor de la (ρ_a). Ello es acorde con lo que en este estudio se obtuvo.

4.2 Discusión

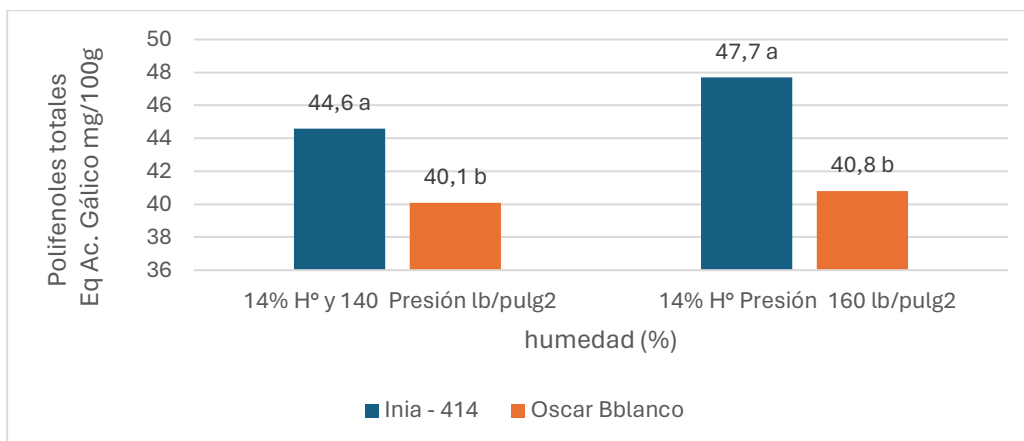
4.2.1 Efecto de la humedad y presión sobre los compuestos fenólicos de la kiwicha

Los resultados del análisis de varianza (ANVA, anexo 5) muestran efecto significativo ($p < 0.05$) de las interacciones de segundo orden (Interacciones: Variedad \times Humedad \times Presión).

La interacción Variedad \times Humedad \times Presión se muestra en la figura 14 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 5(a). Los compuestos fenólicos fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 44,6 Eq Ac. Gálico mg/100g vs 40,1 Eq Ac. Gálico mg/100g a (14% de Humedad a presión de 140 lb/pulg²) y 47,7 Eq Ac. Gálico mg/100g vs 40,8 Eq Ac. Gálico mg/100g a (14 % de Humedad a presión de 160 lb/pulg²).

Figura 14

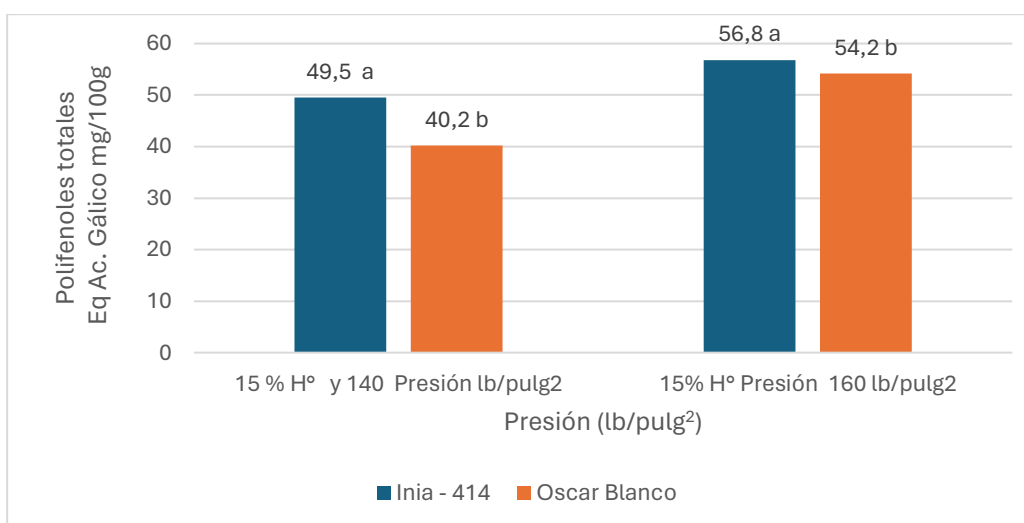
Comparación de efectos simple VxHxP a 14 % de H° (Compuestos fenólicos)



La interacción Variedad × Humedad × Presión se muestra en la figura 15 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 5(a). Los compuestos fenólicos fue estadística mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 49,5 Eq Ac. Gálico mg/100g vs 40,2 Eq Ac. Gálico mg/100g a fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 49,5 Eq Ac. Gálico mg/100g vs 40,2 Eq Ac. Gálico mg/100g a (15 % de Humedad a presión de 140 lb/pulg²) y 56,8 Eq Ac. Gálico mg/100g vs 54,2 Eq Ac. Gálico mg/100g a (15 % de Humedad a presión de 140 lb/pulg²) y 56,8 Eq Ac. Gálico mg/100g vs 54,2 Eq Ac. Galico mg/100g a (15% de Humedad a presión de 160 lb/pulg²).

Figura 15

Comparación de efectos simple VxHxP a 15 % de H° (Compuestos fenólicos)



Vázquez (2006) reporta datos de incremento de polifenoles totales de 1.07 a 23.29 % en kiwicha al incrementar humedad y temperatura de tostado influye positivamente en los polifenoles debido a que se obtienen productos pardos debido a la reacción de Maillard formados como consecuencia del tratamiento del calor que incluyen polímeros solubles e insolubles mayormente azúcares reductores unidos a aminoácidos o proteínas. Al respecto Chagua & Palomino (2014) encontraron niveles de polifenoles totales en expandidos de quinua (Rosada de Junín de 27.248, Huancayo 10.107 y Blanca de Junín 9.119 mg AGE/100 g) a 30% H° y presión de 140 lb/pulg². Se observa diferencias entre ellas por trabajar con granos de colores. Por otro lado Tacora et al., (2010) reportaron valores de polifenoles totales de granos expandidos a presión de (120, 140 y 160 lb/pulg²) y Humedad de 7.5 % en variedad Illpa cuyos valores son de 170.1±5.57 mg. Ácido gálico 100 g⁻¹ ms, 225.14±14.93 mg. Ácido gálico 100 g⁻¹ ms y 293.16±11.25 mg. Ácido gálico 100 g⁻¹ ms Cupi 298.47±3.84 mg. Ácido gálico 100 g⁻¹ ms, 305.42±3.12 mg. Ácido gálico 100 g⁻¹ ms y 361.56±5.81 mg. Ácido gálico 100 g⁻¹ ms; se observan los resultados a medida que incrementa la presión de expansión aumenta el contenido de polifenoles en la cañihua a consecuencia del calor aplicado, este proceso similar ocurrió en el caso del grano de kiwicha se incrementa el contenido de polifenoles. Así mismo Kaur y Kapoor (2001) confirma que el contenido de plifenoles totales aumenta a medida que las presiones de expansión se incrementan y también ocurre ante el cambio de variedad. Así mismo también Kalt (2005) afirma que el contenido de polifenoles se debe a factores genéticos, ambientales, manejo de post cosecha y tipo de procesamiento de cada cultivo, por ello se encontraron diferencias de contenido de polifenoles entre variedades de kiwicha analizadas. Estos resultados guardan relación con los que sostienen cada uno de los autores citados.

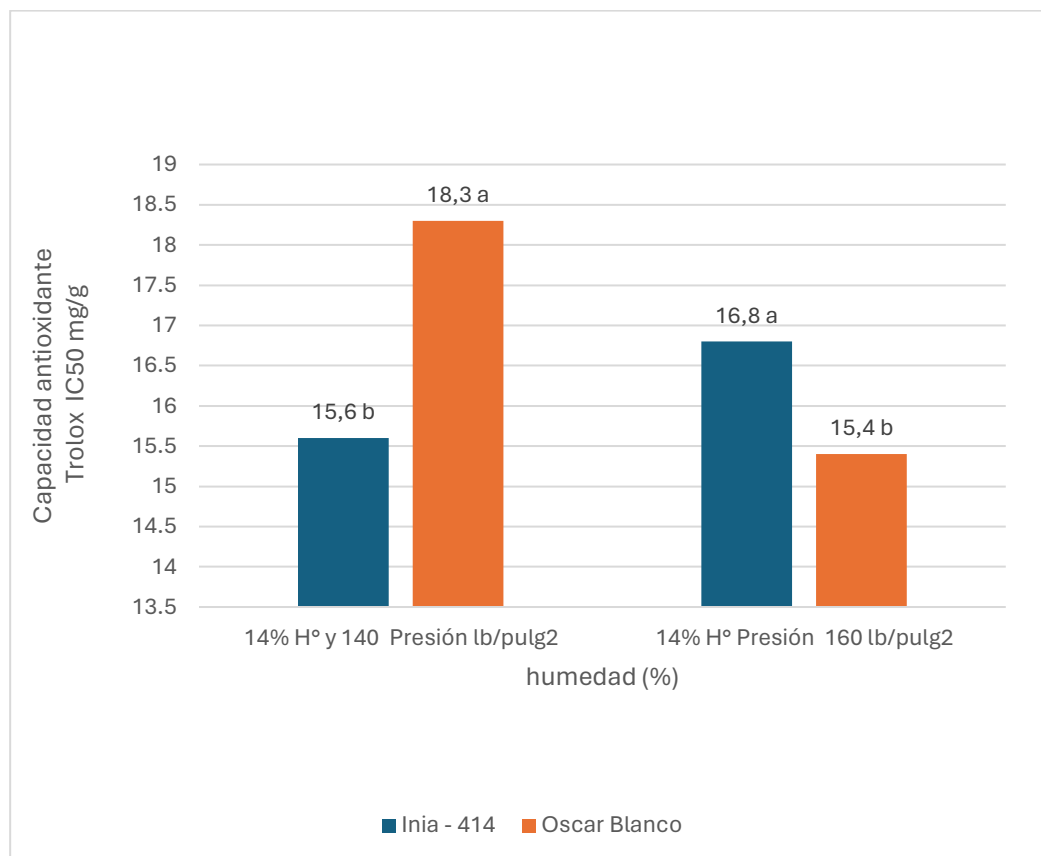
4.2.2 Efecto de la humedad y presión sobre la capacidad antioxidante de la kiwicha

Los resultados del análisis de varianza (ANVA, anexo 6) muestran efecto significativo ($p < 0.05$) de las interacciones de segundo orden (Interacciones: Variedad × Humedad × Presión).

La interacción Variedad \times Humedad \times Presión se muestra en la figura 16 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 6(a). La capacidad antioxidante (CA) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad Oscar Blanco frente a la variedad INIA 414-Taray, con valores de 18,3 Trolox IC50 mg/g vs 15,6 Trolox IC50 mg/g (a 14 % de Humedad a presión de 140 lb/pulg²) y mientras la variedad INIA 414-Tary con valores de 16,8 Trolox IC50 mg/g vs 15,4 Trolox IC50 mg/g (a 14 % de Humedad a presión de 160 lb/pulg²), es superior a Oscar Blanco.

Figura 16

Comparación de efecto simple VxHxP a 14 % H° (Capacidad antioxidante)

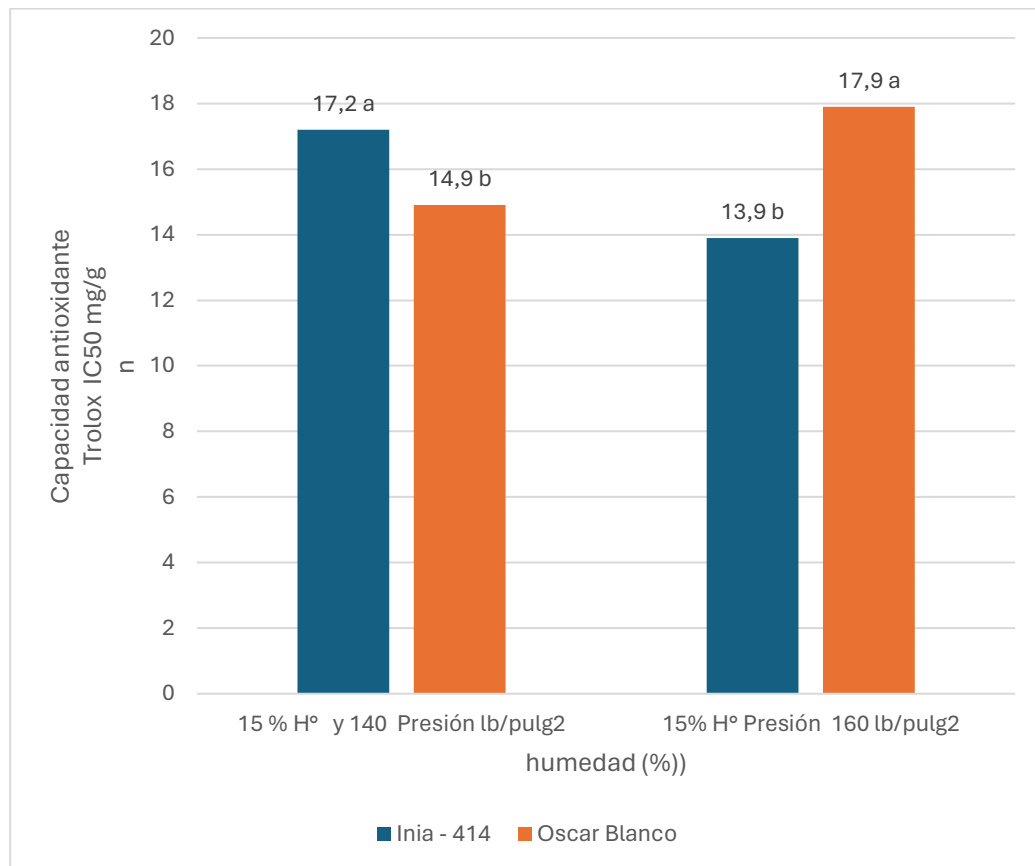


La interacción Variedad \times Humedad \times Presión se muestra en la figura 17 y el resultado del análisis de efectos simple en el anexo 5(b). La (CA) fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) en la variedad INIA 414-Taray frente a la variedad Oscar Blanco, con valores de 17,2 Trolox IC50 mg/g vs 14,9 Trolox IC50 mg/g a (15% de Humedad a presión de 140 lb/pulg²) y mientras la variedad Oscar Blanco con valores de 17,9 Trolox IC50 mg/g vs 13, 9

Trolox IC50 mg/g a (15 % de Humedad a presión de 160 lb/pulg²), es superior a INIA 414-Taray.

Figura 17

Comparación de efectos simple VxHxP a 15% de H° (Capacidad antioxidante)



Tacora et al. (2010) (Tacora, Luna, Bravo, Mayta, Choque y Ibañes, 2010) reportaron valores de capacidad antioxidante de granos expandidos a presión de (120, 140 y 160 lb/pulg²) y Humedad de 7.5 % en variedad Illpa cuyos valores son de 2537±135.33 µg Trolox eq g⁻¹ms, 2889±22.84 µg Trolox eq g⁻¹ms, 3211±9.72 µg Trolox eq g⁻¹ms Cupi 2677±62.95 µg Trolox eq g⁻¹ms, 3006±37.34 µg Trolox eq g⁻¹ms 3089±39.3 µg Trolox eq g⁻¹ms; se observan los resultados a medida que la presión incrementa la capacidad antioxidante aumenta. Por otro lado Chagua y Palomino (2014) encontraron valores de capacidad antioxidante en expandidos de quinua (Blanca de Junín 2,92 ± 0,06, Huancayo 2,40 ± 0.11 y Rosada de Junín 2,18 ± 0.05µ mol TE / g. muestra) a 30% H° y presión de 140 lb/pulg². Se observa diferencia en (CA) entre las tres variedades por tratarse de tres variedades, a diferencia Pasko et al. (2009) revela que existe una correlación entre el contenido de polifenoles en los pseudo cereales y la actividad



antioxidante, mientras Luna Mercado (2005) obtuvo valores de capacidad antioxidante en extruidos de $5.415 \mu\text{g Trolox eq.g}^{-1} \text{ms}$ en la variedad Cupi y $5.450 \mu\text{g Trolox eq g}^{-1} \text{ms}$ en la variedad Illpa INIA 406, utiliza temperaturas altas, altas presiones en tiempos breves. En el estudio realizado ocurre similarmente donde los resultados varía de acuerdo a la variedad humedad y presión de proceso.

CONCLUSIONES

- PRIMERO:** Se concluye que la humedad y presión influyen en el proceso de expansión por explosión donde la variedad INIA 414-Taray muestra valores superiores para el índice de expansión y capacidad de expansión, con respecto a la densidad el factor determinante es la presión no mayor a 140 lb/pulg.² de descarga obteniéndose mayores resultados.
- SEGUNDO:** Se concluye que el proceso de expansión por explosión presentó un incremento en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las variedades de kiwicha INIA 414-Taray y Oscar Blanco, puesto que son sometidos a humedad y presión adecuada, esto es debido a las reacciones de Maillard que ocurre en el proceso. En tal razón el proceso de expansión incrementa y/o genera mejores características funcionales en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante existiendo una correlación entre ambos.

RECOMENDACIONES

- PRIMERO:** Continuar este tipo de investigación utilizando diferentes variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en el proceso de expansión por explosión y determinar el contenido de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante).
- SEGUNDO:** Para las futuras investigaciones se recomienda realizar una caracterización fisicoquímica de la kiwiccha en el procesos de expansión por explosión y luego determinar sus compuestos bioactivos totales (compuestos fenólicos, flavonoides capacidad antioxidante), también se debe realizar estudios para las variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de colores.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E., Romero, M., Cabana, J., & Linares, P. (2017). *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos aislados del germinado de cuatro variedades de Amaranthus caudatus L. "Kiwicha"*. Unidad de Investigación e Innovación. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4411/1/TESIS%20Far552_Cen.pdf.
- Akdogan, H. (1999). *High moisture food extrusion*. *International Journal of Food Science and Technology*, 34(3), 195–207. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.1999.00256.x>.
- Alcázar, J. (2002). *Diccionario técnico de industrias alimentarias*. 2da. Ed. Cusco-Perú. <https://isbn.cloud/9789972963902/diccionario-tecnico-de-industrias-alimentarias/>
- Almeida, J. (2012). *Extracción y Caracterización del colorante natural del maíz negro (Zea mays L.) y Determinación de su Actividad Antioxidante*. Tesis, 147. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4732>
- Alvarez, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>.
- Anticona, M., Frígola, A., & Esteve, M. (2016). *Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados* Determination of total polyphenols in blueberries and derivatives. *UCV-Scientia*, 8(1), 13–21. <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/article/view/1169>
- Arai, S. (2002). *Global view on functional foods: Asian perspectives*. *British Journal of Nutrition*, 88(S2), S139-S143. <https://doi.org/10.1079/BJN2002678>
- Aruoma, O. (2000). *Conceptualization of the prooxidant and antioxidant actions of plant food chemicals, phytochemicals and phythopharmaceuticals*. *AOCS, Press, Champaign, Illinois*, 32-46. DOI: 10.1016/j.canlet.2019.03.022
- Ashwell, M. (2002). *Functional Foods: a simple scheme for establishing the scientific*



- basis for all claims. Public Health Nutrition, 4:859-863. DOI: 10.1079/PHN2000118*
- Ayala, G., & Andinas, R. (2004). *Aporte de los Cultivos andinos a la Nutrición Humana. Raíces Andinas: Contribuciones Al Conocimiento Ya La Capacitación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. P, 101–112. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/a>.*
- Ayala, J., & Pardo, R. (1995). *Optimización por diseños experimentales. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima, Perú. <http://biblioteca.undac.edu.pe:8081/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=34024>.*
- Brand, W. M., & Berset., C. y C. (1997). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebensm. Wiss. U. Technol.: 28, 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)*
- Callejo Gonzales, M. J. (2002). *Industrias de cereales y derivados (No. E21/58). Ediciones Mundi-Prensa. <https://www.casadellibro.com/libro-industrias-de-cereales-y-derivados/9788484760245/803198>*
- Carrillo Teran, W., Vilcacundo, R., & Carpio, C. (2015). *Compuestos Bioactivos Derivados De Amaranto Y Quinoa Bioactive Components Derived From Amaranth and Quinoa. Actualización En Nutrición, 16, 18–22. Retrieved from http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_16/num_1/RSAN_16_1_18.pdf*
- Castillo, E. (2010). *Determinación de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua (chenopodium pallidicaule Aellen) [para optar título de Ingeniero Agroindustrial]. Perú: Universidad del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. 2010. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_cbec4c46239b6e720683cebe40e7f65a/Details*
- Castro, N. R. (1986). *Procesamiento de la cebada por el método de expansión por explosión (No. TX609 C38-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5>*

- Castro Vicente, C. A. (1987). *Procesamiento de la kiwicha (Amaranthus caudatus) por el método de expansión por explosión (No. TP374. K5 C3-T)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5>
- Castro Vicente, N. R. (1986). *Procesamiento de la cebada por el método de expansión por explosión (No. TX609 C38-T)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5>
- Cervantes-Sierra, R., Barragán-Condori, M., & Chaquilla-Quilca, G. (2019). Evaluación de antioxidantes en el té de hojas de camote morado (*Ipomoea batatas* L.). *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 51–59. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i4.4790>
- Chagua Lazo, G., & Palomino Villaizan, L. (2014). *Estudio comparativo de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en quinua (Chenopodium quinoa) expandida de tres variedades provenientes del departamento de Junín*. 159. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1938/Chagu>.
- ChaguaL, G., & Palomino, V. L. (2014). *Estudio comparativo de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en quinua (Chenopodium quinoa) expandida de tres variedades provenientes del departamento de Junín*. 159. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1938/Chagu>.
- Chasquibol, N., Lengua, L., Delmás, I., Rivera, D., Bazán, D., Aguirre, R., & Bravo, M. (2003). *Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 5(2), 9-20. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4822>
- Chávez, J. (1990a). *Planta de Procesamiento de Maíz, Trigo, Arroz por el Método de Expansión por Explosión. Proyecto de Prefactibilidad (Doctoral dissertation, Tesis UNSAC)*. <https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/204/09-2013-EPIA-Osco%20Quispe-maiz%20expandido.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez, J. (1990b). *Planta de Procesamiento de Maíz, Trigo, Arroz por el Método de Expansión por Explosión. Proyecto de Prefactibilidad (Doctoral dissertation, Tesis UNSAC)*.

<https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/204/09-2013-EPIA-Oscco%20Quispe-maiz%20expandido.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chipana, M., & Stuva, C. (2005). *Kiwicha producto de exportación en el Perú. Artículo ministerio de la producción, Perú.*
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2018000200067

Choque, M. (2013). *Cuantificación de los compuestos antioxidantes fenólicos y selenio en quinua (Chenopodium quinoa willd). Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 2013.*
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4165>

Collazos, C., Alvisur, E., Vasquez, J., Herrera, N., Robles, N., Arias, M., & Roca, A. (1996). *Tablas peruanas de composición de alimentos. 7ma. Edición. Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima-Perú.*
<https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf>

Collazos, C., White, P. L., White, H. S., Viñas, E., & Alvestur, E. (1998). *La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú (No. Q04 C6-R). Ministerio de Salud, Lima (Peru); Instituto Nacional de Nutrición, Lima (Peru).*
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/9380>

Crosa, M. J., Elichalt, M., Skerl, V., Cadenazzi, M., Olazábal, L., Silva, R., & Estellano, G. (2014). *Chips de papa, la fritura en vacío y beneficios para la salud. Innotec, 0(9), 70–74.* <https://www.redalyc.org/pdf/6061/606166714009.pdf>

Davila, J., Polit, P., & Acuña, O. (2001). *Memorias del seminario taller sobre extrusión de alimentos. Escuela Politécnica Nacional. Instituto de Investigación Tecnológica Área de Alimentos Quito –Ecuador.Pp.23 – 47.*
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6444/1/CD-4973.pdf>

De la Riva Tapia, D. F. (2010). *Comparación del contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) cruda y procesada. variedad salcedo INIA.*
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275119>

- Desrosier, N. W. (2007). *Elementos de tecnología de alimentos, 1° edición, 13° reimpresión, compañía Editorial continental, S. A. 1998 – México. Páginas 188 - 189.*
- Dimitrios, B. (2006). *Sources of natural phenolic antioxidants. Trends in Food Science and Technology, 17(9), 505–512.* <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.004>.
- Egas, L., Villacrés, E., Garcia, E., & Ruilova, M. E. (2010). *Elaboración de un Cereal para Desayuno con Base a Quinoa (Chenopodium. Revista Tecnológica - ESPOL, 23(2), 9–15.* Retrieved from <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/50>.
- Ejigui, J., Savoie, L., Marin, J., & Desrosiers, T. (2005). Influence of traditional processing methods on the nutritional composition and antinutritional factors of red peanuts (*Arachis hypogea*) and small red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Biol Sci 5(5), 597–605.*
- Escudero, N. L., Arellano, M. L., Luco, J. M., Giménez, M. S., & Mucciarelli, S. I. (2004). *Comparison of the chemical composition and nutritional value of Amaranthus cruentus flour and its protein concentrate. Plant Foods for Human Nutrition, 59(1), 15–21.* <https://doi.org/10.1007/s11130-004-0033-3>.
- Espinoza, B. Y. (1986). *Procesamiento del maíz por el método de expansión por explosión. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias.* <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3992/espinoza-cordova-karina-mercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinoza, M. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria. Cuba. p116.* https://books.google.com.pe/books?id=heDzDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos. (2a. ed.) Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.* <https://sceqa.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Gamarra, C. S. (2003). *Extracción de betaninas de las semillas de ayrampo (Opuntia*

- soehrensii* Britton & Rose) evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los extractos (No. Q05 G3-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Facultad de Industr. <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/369/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20CAPACIDAD%20ANTIOXIDANTE%20Y.pdf?sequence=1>
- García, R. (2005). *Absorción in vivo de oligómeros de epicatequina*. Tesis. Universidad Rovira i Virgili. Tarragona – España. https://www.researchgate.net/publication/264970919_Absorcion_in_vivo_de_oligomeros_de_epicatequina_Biodisponibilidad_de_estos_compuestos
- Gevara, M. (2004). *Optimización del proceso de tostado de la semilla de alegría (Amaranthus hypochondriacus L.) y diseño de un prototipo de tostadora*. Memorias del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. pp. 397-405. file:///C:/Users/Admin/Downloads/rchshIV779.pdf
- Guevara, M. (2004). *Desarrollo y caracterización de alimentos expandidos a base de maíz y soya*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería de Alimentos. Ambato – Ecuador p. 42. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2434/1/96T00189.pdf>
- INIA-Eeac. (1997). *Resultados de investigación del PNI Cultivos Andinos*. Cusco – Perú. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/108/1/Quinoa_Cusco_2013.pdf
- INIA (instituto nacional de innovación agraria) 2006. (2011). *Alimento nuestro para el mundo*. Instituto Nacional De Innovación Agraria Programa Nacional De Investigación En Cultivos Andinos Estación Experimental Agraria Andenes Cusco Unidad De Extensión Agraria – Eea Andenes Cusco Unidad De Investigación – Eea Andenes Cusco. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/105>
- Jaik, A., & Tena, J. A. (1984). *Optimización del proceso de tostado de la semilla de alegría (Amaranthus hypochondriacus L.) y diseño de un prototipo de tostadora*. Memorias del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. pp. 397-405. file:///C:/Users/Admin/Downloads/rchshIV779%20(2).pdf



- Kalt, W. (2005). *Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. Journal of food science, 70(1), R11-R19.* <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09053.x>
- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). *Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium's health. International journal of food science & technology, 36(7), 703-725.* <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x>
- Kinsella, J. E., Frankel, E., German, B., & Kanner, J. (1993). *Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. Food technology.* <https://www.sciepub.com/reference/156528>
- Konishi, Y., & Yoshimoto, N. (1989a). *Amaranth Globulin as a Heat-stable Emulsifying Agent. Agricultural and Biological Chemistry, 53(12), 3327–3328.* <https://doi.org/10.1271/bbb1961.53.3327>.
- Konishi, Y., & Yoshimoto, N. (1989b). *Amaranth Globulin as a Heat-stable Emulsifying Agent. Agricultural and Biological Chemistry, 53(12), 3327–3328.* <https://doi.org/10.1271/bbb1961.53.3327>.
- Koziol, M. J. (1992). *Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Journal of Food Composition and Analysis, 5(1), 35–68.* [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6).
- Laguerre, M., Lecomte, J., & Villeneuve, P. (2007). *Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. Progress in Lipid Research, 46(5), 244–282.* <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.05.002>.
- Lara, N. (2003). *Estudio de efectos de expansión por aire caliente en las propiedades Fisicoquímicas, Nutricionales y Sensoriales de la semilla de Amaranto. [Tesis]. Msc EPN. Quito – Ecuador Pp. 100.* <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/357>
- Loayza, E. (2006). *Estudio del contenido de compuestos fenólicos y de la capacidad antioxidante en hojas de yacón (Smallanthus sonchifolius Poetpp. & Endl.) y del efecto de la deshidratación en su estabilidad. □ Tesis de postgrado □. Lima: Escuela de Postgrado-Especialidad de.* http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832011000400003&script=sci_abstract

- López, M., El Naggar, T., Dueñas, M., Ortega, T., Estrella, I., Hernández, T., Gomez, S., Palomino, O., & Carretero E. (2013). *Efecto de la cocción y la germinación de la composición fenólica y propiedades biológicas de los granos oscuros. Química de los Alimentos*, 138, 547-555. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.10.107
- Luna, G., & Tacora, G. (2008). “Efecto de cocción-extrusión de la fracción indigestible, capacidad antioxidante y algunas propiedades funcionales de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”. <https://docplayer.es/58882797-Universidad-nacional-de-san-antonio-abad-delcusco.html>
- Luna Mercado, G. L. (2005). *Efecto del proceso de cocción extrusión en la fracción indigestible, capacidad antioxidante y algunas propiedades funcionales en 3 variedades de cañihua [Chenopodium pallidicaule Aellen] (No. Q02 L8e-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru)*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/951>
- Martínez, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). *Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 5-18. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100001
- Mezquita Cerezal, P., Gatica Urtuvia, V., Quintanilla Ramírez, V., & Zavala arcos, R. (2011). *Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. Nutricion Hospitalaria*, 26(1), 161–169. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.1.4939>.
- Mijica, J., Hernández, B., & León, S. (1992). *Granos y leguminosas andinas. Colección FAO. Producción y Protección Vegetal N°26. Italia, Roma, 129-46*. <https://doi.org/10.4060/cc9680en>
- Minagri. (2017a). *Ministerio de Agricultura y Riego. Servicios. Sistema de información. Series Históricas de Producción Agrícola - Compendio Estadístico y - Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - OEEE - Unidad de Estadística - UE Disponible*. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2017.pdf
- Minagri. (2017b). *Ministerio de Agricultura y Riego. Servicios. Sistema de información*.

Series Históricas de Producción Agrícola - Compendio Estadístico y - Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - OEEE - Unidad de Estadística - UE Disponible.

https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2017.pdf.

Montero, C. (1994). *INIAP-Alegría, primera variedad mejorada de amaranto para la Sierra ecuatoriana. Quito, INIAP. Boletín divulgativo. 246–24.*
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/141>

Mostacero, E., Huringa, A., & Villacorta, E. (2006). *Cultivo de la kiwicha. Boletín técnico N°4. Biodiversidad y Desarrollo Agrario (BIDA); Aide au Développement Gembloux (ADG) y la Cooperación Belga al Desarrollo (eb).*
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3081/chamorro-gomez-ruth-esther.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J., Sineiro, J. Domínguez, H., & Pajaró, J. (2001). *Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry, 72(2), 145–171.* [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00223-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00223-5).

Mujica, A. (2006). *Agroindustria de la cañihua en los países Andinos. Puno – Perú.*
<https://www.g77.org/pgtf/finalrpt/INT-01-K01-FinalReport.pdf>

Mujica, A., Berti, M., & Isquierdo, J. (1997). *El cultivo del amaranto (Amaranthus spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. Pág.25-36.*
https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=u_1DjqZbv-gC&oi=fnd&pg=PA47&dq=Mujica

Mujica, A., & Ortiz, R. (2006a). *Quinoa: un cultivo multipropósito para usos agroindustriales en los países andinos. Universidad Nacional alto Andina.*
https://www.researchgate.net/publication/33550879_Proyecto_Quinoa_Colombia_Peru_Bolivia_Cultivo_multiproposito_para_usos_agroindustriales_en_los_paises_andinos

Natero, V., & Romano, G. (2011). *7ma Jornada de Nutrición. Nutriguía. Pseudo cereales y Chia.*

- <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3081/chamorro-gomez-ruth-esther.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ojeda Flores, D. P. (2003). *Antocianinas totales, fenólicos totales y actividad antioxidante de las cáscaras de tres variedades de camote morado (Ipomoea batatas (L.) Lam) (No. Q05 O36-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias.*
<https://repositorio.una.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/270/Tesis>
- Olmedilla, B., & Granada, F. (2007). *Componentes bioactivos. Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Instituto de Nutrición y Trastornos alimentarios. Dirección general de Salud Pública y alimentación.*
<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009703.pdf>
- Oscó, Q., & Raúl, K. (2013). *No Title Efecto de la variación de humedad, presión y cantidad de carga en la obtención del maíz amarillo duro (Zea mays L.) expandido.*
<https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/204>
- Padilla, F. C., Rincón, A. M., & Bou-Rached, L. (2008). *Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. Archivos latinoamericanos de nutrición, 58(3), 303-308.* http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222008000300014&script=sci_abstract
- Paggi Meza, V. (2003). *Adecuación de una máquina expansora de cereales tipo cañón para prácticas de laboratorio en la Universidad Tecnológica Equinoccial, estudio de caso: arroz (Oriza Sativa L.) maíz (Zea Mays L.), quinua (Chenopodium Quinoa Willd) y trigo (Triticum Vulgar)*
<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/705d5707-1df2-4b4f-a9ef-3b34ef882976/content>
- Pasko, P., Bartón, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S., Folta, M., & Zachwieja, Z. (2009). *Antocianinas, polifenoles totales y actividad antioxidante en semillas y germinados de amaranto y quinua durante su crecimiento. Química de los alimentos, 115 (3), 994-998.*
https://www.researchgate.net/publication/209707776_Anthocyanins_total_polyphenols_and_antioxidant_activity_in_amaranth

- Peña Godines, J. . (2010). *Determinación del contenido de fibra dietaria, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de 2 variedades de kiwicha (Amaranthus caudatus) y su variación con el proceso de extrusión (No. Q02 P34-T)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200002
- Peralta, I. (2009). *Amaranto y Ataco: Preguntas y respuestas*. Quito, EC. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. *Boletín divulgativo* N° 359 8 p.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/306>
- Pérez León, M. H. (2005). *Evaluación de las características funcionales de diez cultivares de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon) en 6 estados de crecimiento y diferentes períodos de soleado (No. Q02 P474-T)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Facultad de.
https://www.researchgate.net/publication/344797023_Mashua_Tropaeolum_tuberosum_Ruiz_Pavon_cultivo_subutilizado_con_alto_potencial_para_zonas_altoandinas_en_el_Peru
- Peter, K., & Gandhi, P. (2017). *Rediscovering the therapeutic potential of Amaranthus species : A review* . *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(3), 196–205.
<https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.001>.
- Pinelo, M., Sineiro, J., & Núñez, M. J. (2006). Mass transfer during continuous solid-liquid extraction of antioxidants from grape byproducts. *Journal of Food Engineering*, 77(1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.021>
- Pokorny, J., Janda, V., & Pudil, F. (2005). *Changes during the extrusion of semolina in mixture with sugars*. *Food Sci*, 19:24-30.
https://www.researchgate.net/publication/326370416_Changes_during_the_extrusion_of_semolina_in_mixture_with_sugars
- Pokorny, J. N., & Gordon, M. (2005). *Antioxidantes de los alimentos. Aplicación y prácticas*. Zaragoza, Ed. Acriba.S.A, 364 p.
https://www.academia.edu/9675603/Antioxidantes_de_los_alimentos_Aplicaciones_pr%C3%A1cticas

- Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. (2001). *Antioxidantes de los alimentos*. Acriba, 1(1), 1-6. https://www.academia.edu/9675603/Antioxidantes_de_los_alimentos_Aplicaciones_pr%C3%A1cticas
- Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. (2005). *Antioxidantes de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acriba. SA. https://www.academia.edu/9675603/Antioxidantes_de_los_alimentos_Aplicaciones_pr%C3%A1cticas
- Prior, R. L. (1998). *Antioxidant capacity and health benefits of fruits and vegetables: blueberries, the leader of the pack*. Proceedings of the 32nd Annual Open House North Carolina Blueberry Council, 3-12. <https://www.redalyc.org/pdf/3959/395940097019.pdf>
- Quiles, J. L., Huertas, J. R., Battio, M., Mataix, J., & Ramírez-Tortosa, M. C. (2002). *Antioxidant nutrients and adriamycin toxicity*. Toxicology, 180(1), 79-95. DOI: 10.1016/s0300-483x(02)00383-9
- Quispe, W. (2016). *Evaluación comparativa del contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de dos variedades de Quinoa (Chenopodium quinoa) orgánica y convencional*. Tesis Profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2016, Universidad Nacional del Altiplano. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-56092021000200108&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Ramírez, R., & Perez, J. (2010). *Alimentos funcionales: principios y nuevos productos*. Editorial Trillas. México, DF. https://etrillas.mx/libro/alimentos-funcionales_9735
- Ramos, C. (2010). *Evaluación de la capacidad antioxidante de productos tradicionales de la región Junín: granadilla, guinda, habas, quiwicha, oca, quinua, tuna, tumbo y yacón*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1219>
- Reardon, J. W. (2009). *Importancia de los Antioxidantes en Nuestra Alimentación*. Food and Drug Protection Division. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services. <https://es.slideshare.net/slideshow/antioxidantes->

47756242/47756242

- Repo carrasco, R. (2014). *Valor nutricional y compuestos bioactivos en los cultivos andinos. Re-descubriendo los tesoros olvidados (No. Q02. R42). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima (Perú).*
<https://fondoeditorialunalm.com/product/valor-nutricional-y-compuestos-bioactivos-en-los-cultivos-andinos-re-descubriendo-los-tesoros-olvidados/>
- Repo Carrasco, R. (1998). *Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos. Agraria. Lima, Perú.*
<https://books.google.com.pe/books?id=vQFKAAAAYAAJ&q=inauthor:%22Ritva+Repo-Carrasco+Valencia%22>
- Repo Carrasco, R., & Encina, Zelada, C. R. (2008). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) y kiwicha (Amaranthus caudatus). Revista de la sociedad química del Perú, 74(2), 85-99.*
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200002
- Repo, R., & Encinas, C. (2008). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa (Chenopodium quinoa), Kañiwa (Chenopodium pallidicaule) y Kiwicha (Amaranthus caudatus). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.*
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200002
- Rice, C. A., Miller, N. J., & Paranga, G. (1996). *Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine, 20(7), 933–956.* [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9).
- Rizzo, M., Ventrice, D., Varone, M. A., Sidari, R., & Caridi, A. (2006). *HPLC determination of phenolics adsorbed on yeasts. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 42(1), 46-55.*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0731708506002238>
- Rocha-Guzmán, E. E., Gallegos-Infabnte, J. A., Gonzáles-Laredo, R. F., CAstillo-

- Antonio, P. A., Delgado-Licon, E., & Ibarra-Pérez, F. (2006). *Functional properties of three common bean (Phaseolus vulgaris) cultivars stored under accelerated conditions followed by extrusion. LWT - Food Science and Technology, 39(1), 6–10.* <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.11.002>.
- Schnetzler, K. A., & Breene, W. M. (1994). *The puffing of South African maize. Food Industries of South Africa. pp 144-163.* file:///C:/Users/Admin/Downloads/3-1%202015%20PAWJ%20-%206.pdf
- Schwelgart, E., & Twisk, P. (1969). *The puffing of South African maize. Food Industries of South Africa. pp 144-163.* DOI: 10.1080/03031853.2018.1523017
- Seminario, S. L. (1990). *Elaboración de griz de manzana, mediante el método de expansión por explosión. Tesis Ing. UNA La Molina, Lima Perú. pp 11-24.* https://www.researchgate.net/profile/Esteban-Gutierrez-La-Torre/publication/303459182_Elaboracion_de_panes_con_fibra_dietaria_por_adicion_de_bagazo_de_manzana
- Seminario Salas, L. A. (1993). *Elaboración de griz de manzana por el proceso de expansión por explosión. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Facultad de Industrias Alimentarias.* <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/180/FIA-104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sharanagat, V. S., & Goswami, T. K. (2014). *Effect of moisture content on physio-mechanical properties of coriander seeds (Coriandrum sativum). Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 16(3), 166–172.* https://www.researchgate.net/publication/279905920_Effect_of_moisture_content_on_physio-mechanical_properties_of_coriander_seeds_Coriandrum_sativum
- Sikwese, F. E., & Duodu, K. G. (2007). *Antioxidant effect of a crude phenolic extract from sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. Food Chemistry, 104(1), 324–331.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.042>.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela, R. M. (1999). *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://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0076687999990171>
- Stratil, P., Klejdus, B., & Kuban, V. (2007). *Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals*. *Talanta*, 71(4), 1741–1751. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.08.012>.
- Sucari, M. . . (2003). *Determinación de la humedad y presión de proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (Chenopodium pal/idicau/e Aellen) (Doctoral dissertation, Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno)*. <http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/rca/v2n1/v2n1a02.pdf>
- Sumar, K. . (1993). *La kiwicha y su cultivo*. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú. <https://cbc.org.pe/producto/la-kiwicha-yla-kiwicha-y-su-cultivo-su-cultivo/>
- Tacora Cauna, R. L., Luna Mercado, G. I., Bravo Portocarrero, R., Mayta Huanco, J., Choque Yucra, M., & Ibañes Quispe, V. (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)*. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 2, 188. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=2219-716820230002&lng=es&nrm=iso
- Tacora, R. L., Luna, G. I., Bravo, R., Mayta, J., Choque, M., & Ibañes, V. (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)*. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 2, 188. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-14042010000100002&lng=es&nrm=iso
- Tapia, M. (1997). *Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación .1° Edición*. FAO. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Santiago- Chile. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/3020>
- Tapia, M. (2000a). *Cultivos andinos sub explotados y su aporte en la alimentación “2° Edición Oficina Regional de la FAO, para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile*. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/3020>
- Tememoche, C. (2003). *Evaluación de algunas características funcionales de 30 clones*

- de mashua (Doctoral dissertation, Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM, Lima, Perú).*
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5>
- Tsao, R., & Deng, Z. (2004). *Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 812(1–2 SPEC. ISS.), 85–99.*
<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2004.09.028>.
- Tsimidou, M. (1998). *Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect [Olea europaea L.]. Italian Journal of Food Science (Italy).*
<https://www.semanticscholar.org/paper/Polyphenols-and-quality-of-virgin-olive-oil-in-Tsimidou/b2a2ee829dec292b404d599d9ef14e49b382c6f3>
- Urbancic, S., Kolar, M. H., Dimitrijevic, Demsar, L., & Vidrih, R. (2014). *Stabilisation of sunflower oil and reduction of acrylamide formation of potato with rosemary extract during deep-fat frying. LWT - Food Science and Technology, 57(2), 671–678.*
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.002>.
- Vázquez CAstillo, F. M. (2006). *Digestibilidad in vitro de proteína y compuestos bioactivos en accesiones de kiwicha (Amaranthus caudatus L., 1753) tostada (No. Q04 V37-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Escuela de Post Grado, Especialidad en Tecnología de Alimento.*
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4119>
- Velioglu, Y., Mazza, G., & Gao, L. (1998). *Antioxidant activity and total phenolic in protectors, grasses y ascites.* DOI: 10.1021/jf9801973
- Vidaure, R., Julio, M., Dias, R., Gleny, M., Edy, S., & Miguel, A. (2017). *Variación del contenido de Betalainas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante durante el procesamiento de la quinua (Chenopodium quinoa W.). Rev. Soc. Quím. Perú.*
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300007
- Waqas, M., Saqib, N., Rashid, S., Shah, P., Akhtar, N., & Murtaza, G. (2013). *Screening of various botanical extracts for antioxidant activity using DPPH free radical method. Afr J Tradit Complement Altern Med. 2013.* doi: 10.4314/ajtcam.v10i6.9



- Watson, R. R., & Preedy, V. R. (2013). *Bioactive food as dietary interventions for liver and gastrointestinal disease: chapter 34 – Antioxidant Capacity of Medicinal Plants* Aguirre, A; Borneo, R. USA, Academic Press 244 – 282 p.
https://www.researchgate.net/publication/265466522_Bioactive_Food_as_Dietary_Interventions_for_Antioxidant_Capacity_of_Medicinal_Plants
- Yana Qispe, S. (2015). *Caracterización y determinación de la digestibilidad proteica de quinua insuflada en 3 variedades (Chenopodium quinoa Willd)*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3441954>
- Yapuchura, R. (2010). *Estudios De Los Componentes Antioxidantes De Las Hojas De Muña*. 61. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1700>
- Youngson, R. (1994). *Antioxidantes y radicales libres - Robert Youngson - Google Books* (p. 177). p. 177. Retrieved from https://books.google.com.pe/books/about/Antioxidantes_y_radicales_libres.html?id=SNthxQBeHkUC
- Zheng, W., & Wang, S. Y. (2001). *Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(11), 5165–5170*. <https://doi.org/10.1021/jf010697n>.

efecto de efecto de sobre las
humedad y humedad y propiedades
presión en presión en físicas en
las las dos
propiedades propiedades variedades
físicas de dos físicas de de kiwicha
variedades dos (*Amarantus*
de kiwicha variedades *caudatus*)
(*Amarantus* de kiwicha Oscar
caudatus) (*Amarantus* Blanco y la
caudatus) (*Amarantus* variedad
caudatus) Oscar INIA 414-
Blanco y la Blanco y la Taray en el
variedad Oscar variedad proceso de
INIA 414- INIA 414- expansión
Taray en el Taray en el por
proceso de proceso de explosión.
expansión por Determinar
por explosión. el efecto de
¿Cuál es el explosión. humedad y
efecto de Es posible presión
humedad y obtener el sobre las
presión en efecto de propiedades
las humedad y funcionales
propiedades presión en en dos
funcionales las variedades
de dos propiedades de kiwicha
variedades funcionales (*Amarantus*
de kiwicha de dos *caudatus*)
(*Amarantus* variedades Oscar
caudatus) de kiwicha Blanco y la
Oscar (*Amarantus* variedad
caudatus) (*Amarantus* INIA 414-
caudatus) Oscar Taray en el
Blanco 414- Blanco 414- proceso de
Taray en el Taray en el expansión
proceso de proceso de por
expansión explosión.
por por
explosión? explosión.

Anexo 2. Análisis de varianza para el índice de expansión (IE) (Oscar Blanco e Inía Taray 414)

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	FC	F	Sig.
Variedad	1	0.59661067	0.59661067	190.08	<.0001	**
*Humedad	1	1.09397400	1.09397400	348.55	<.0001	**
Variedad*humedad	1	0.30375000	0.30375000	96.78	<.0001	**
Presión	1	0.17819267	0.17819267	56.77	<.0001	**
Variedad*presión	1	0.00792067	0.00792067	2.52	0.1317	ns
Humedad*presión	1	0.06657067	0.06657067	21.21	0.0003	**
Variedad*humedad*presión	1	0.00666667	0.00666667	2.12	0.1644	ns
Error	16	0.05021867	0.00313867			
Total Correcto	23	2.30390400				

(**) altamente significativo 99%, ns: no significativo

Coef Var	Indexp Media
1.496362	3.744000

Prueba de comparación de efecto simple LSD (Índice de expansión)

2. (a) Interacción Variedad x Humedad

Factor 1	Factor 2	Nivel del factor 2	Nivel del factor 1	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	1	Inía	3,8006667	a
			Oscar	3,2603333	b
Factor 1	Factor 2	Nivel del factor 2	Nivel del factor 1	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	2	Inía	4,0026667	a
			Oscar	3,9123333	b

2. (b) Interacción Humedad x Presión

<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Humedad	Presión	1	Oscar Inía	3,924 3,3916667	a b
<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Humedad	Presión	2	Oscar Inía	3,991 3,6693333	a b

Anexo 3. Análisis de varianza para la capacidad de expansión (Oscar Blanco e Inia Taray 414)

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	FC	F	Sig
Variedad	1	259.5810375	259.5810375	5602.97	<.0001	**
Humedad	1	71.4495042	71.4495042	1542.21	<.0001	**
Variedad*humedad	1	0.8702042	0.8702042	18.78	0.0005	**
Presión	1	24.0200042	24.0200042	518.46	<.0001	**
Variedad*presión	1	0.7245375	0.7245375	15.64	0.0011	**
Humedad*presión	1	0.0260042	0.0260042	0.56	0.4646	ns
Variedad*humedad*presión	1	0.0012042	0.0012042	0.03	0.8739	ns
Error	16	0.7412667	0.0463292			
Total Correcto	23	357.4137625				

(**) *altamente significativo 99%, ns: no significativo*

Coef Var	CAP.exp Media
0.280459	76.74625

Prueba de comparación de efecto simple LSD (Capacidad de expansión)

3. (a) Interacción Variedad x Humedad

<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Variedad	Humedad	1	Inía	78,5	a
			Oscar	71,5	b
<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Variedad	Humedad	2	Inía	81,6	a
			Oscar	75,4	b

3. (b) Interacción Variedad x Presión

<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Variedad	Presión	1	Inía	79,2	a
			Oscar	72,2	b
<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Variedad	Presión	2	Inía	80,7	a
			Oscar	74,6	b

Anexo 4. Análisis de varianza para la densidad aparente (Oscar Blanco e Inia Taray 414)

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	FC	F	Sig.
Variedad	1	0.00000204	0.00000204	4.90	0.0417	ns
Humedad	1	0.00001838	0.00001838	44.10	<.0001	**
Variedad*humedad	1	0.00000938	0.00000938	22.50	0.0002	**
Presión	1	0.00226204	0.00226204	5428.90	<.0001	**
Variedad*presión	1	0.00017604	0.00017604	422.50	<.0001	**
Humedad*presión	1	0.00022204	0.00022204	532.90	<.0001	**
Variedad*humedad*presión	1	0.00000004	0.00000004	0.10	0.7559	ns
Error	16	0.00000667	0.00000042			
Total Correcto	23	0.00269662				

(**) altamente significativo 99% (ns) no significativo

Coef Var	Dens apare Media
0.815794	0.079125

Prueba de comparación de efecto simple LSD (Densidad aparente)

4. (a) Interacción Variedad × Humedad

Factor 1	Factor 2	Nivel del factor 2	Nivel del factor 1	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	1	Oscar	0,0803333	a
			Inia	0,0796667	b
Factor 1	Factor 2	Nivel del factor 2	Nivel del factor 1	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	2	Inia	0,0791667	a
			Oscar	0,0773333	b

4. (b) Interacción Variedad x Presión

<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Variedad	Presión	1	Inía	0,0918333	a
			Oscar	0,0858333	b
<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Variedad	Presión	2	Oscar	0,0718333	a
			Inía	0,067	b

4. (c) Interacción Humedad x Presión

<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Humedad	Presión	1	Oscar	0,091	a
			Inía	0,0866667	b
<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Nivel del factor 2</i>	<i>Nivel del factor 1</i>	<i>Media de mínimos cuadrados</i>	<i>Significancia</i>
Humedad	Presión	2	Inía	0,0733333	a
			Oscar	0,0655	b

Anexo 5. Análisis de varianza para polifenoles totales (Oscar Blanco y Inia Taray 414)

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	FC	F	Sig.
Variedad	1	203.5384834	203.5384834	40.88	<.0001	**
Humedad	1	281.5865706	281.5865706	56.56	<.0001	**
Variedad*humedad	1	0.0804245	0.0804245	0.02	0.9004	ns
Presión	1	239.9304540	239.9304540	48.19	<.0001	**
Variedad*presión	1	7.1198070	7.1198070	1.43	0.2492	ns
Humedad*presión	1	115.5740286	115.5740286	23.21	0.0002	**
	1					*
Varied*humeda*presi o		31.0696958	31.0696958	6.24	0.0238	
Error	16	79.6631848	4.9789491			
Total Correcto	23	958.5626486				

(**) altamente significativo al 99% (*): significativo al 95% ns: no significativo

Coef Var	Polifenoles Media
4.768999	46.78877

Prueba de comparación de efecto simple LSD (Polifenoles totales)

5. (a) Interacción Variedad x Humedad x Presión

1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	1	Presión	1	Inia Oscar	44,657238 40,134918	a b
1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	1	Presión	2	Inia Oscar	47,778246 40,883413	a b
1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	LSMEAN	Significancia
Variedad	Humedad	2	Presión	1	Inia Oscar	49,510338 40,205298	a b
1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	LSMEAN	Significancia
Variedad	Humedad	2	Presión	2	Inia Oscar	56,857953 54,282736	a b

Anexo 6. Análisis de varianza para la capacidad antioxidante (Oscar Blanco e Inia Taray 414)

Prueba de comparación de efecto simple LSD (Capacidad antioxidante)

6. (a) Interacción Variedad x Humedad x Presión

1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	1	Presión	1	Oscar Inia	18,374667 15,683667	a b
1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	1	Presión	2	Inia Oscar	16,851667 15,458333	a b
1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	2	Presión	1	Inia Oscar	17,268333 14,969	a b
1.er Factor	2.do Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Nivel de 2.do Factor	Nivel de 1.er Factor	Media de mínimos cuadrados	Significancia
Variedad	Humedad	2	Presión	2	Oscar Inia	17,945 13,907333	a b



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JUSTO GALLEGOS ROJAS,
identificado con DNI 01324847 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
MAESTRÍA AGRICULTURA ANDINA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE HUMEDAD Y PRESIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
FUNCIONALES EN DOS VARIETADES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) OSCAR BLANCO Y
LA VARIETADE INIA 414-TARAY EN EL PROCESO POR EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN ”

Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 30 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo JUSTO GALLEGOS ROJAS
identificado con DNI 01324847 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRÍA AGRICULTURA ANDINA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS,

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

“ DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE HUMEDAD Y PRESIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS
Y FUNCIONALES EN DOS VARIEDADES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) OSCAR BLANCO
Y LA VARIEDAD INIA 414-TARAY EN EL PROCESO DE EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN ”

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 30 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella