

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



“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)”

TESIS

PRESENTADA POR:

SUNY MAMANI COAQUIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PROMOCION: 2012-II

PUNO - PERÚ
2015

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



TESIS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*)

PRESENTADA POR:

SUNY MAMANI COAQUIRA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 DE JULIO DEL 2015

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....

 Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza

PRIMER MIEMBRO

.....

 Ing. M. Sc. Eduardo Manzaneda Cabala

SEGUNDO MIEMBRO

.....

 Ing. M. Sc. Genny Isabel Luna Mercado

DIRECTOR DE TESIS

.....

 Ing. M. Sc. Florentino V. Choquehuanca Cáceres

ASESOR DE TESIS

.....

 Ing. M. Sc. Marienela Calsin Cutimbo

PUNO – PERU
 2015

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

A Dios quien nos bendice siempre, acompaña y guía en cada uno de nuestros pasos que damos.

A mis queridos padres con mucho cariño Elver Mamani y Feliciano Coaquira, quienes me brindaron todo el apoyo incondicional y confianza, a mis hermanos Edith y Dennis Yuri por su motivación permanente para mi superación, a MZCC por su paciencia.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haber contribuido en mi formación profesional, mediante la enseñanza de los docentes.

A mis padres y hermano(a) quienes me impulsaron a seguir adelante y me dieron ánimo y fuerza en todo momento.

A mi director de tesis Ing. M. Sc. Florentino Victor Choquehuanca Cáceres por haber confiado en mi persona, por su disposición y apoyo incondicional brindado y la Ing. Marienela Calsin Cutimbo por su constante asesoramiento durante la ejecución de este trabajo de investigación.

A los distinguidos miembros del jurado Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza por sus valiosos comentarios y acertadas sugerencias, al Ing. M. Sc. Eduardo Manzaneda Cabala por su apoyo y comprensión y al Ing. Ing. M. Sc. Genny Isabel Luna Mercado por su atenta lectura y correcciones en este trabajo.

A la planta de Servicios Agroindustriales “El Altiplano S.A” y al personal por brindarme sus instalaciones para la ejecución del presente trabajo, en especial al a los Ingenieros Juan Luis Condori Balta y Guino M. Garré Gonzáles

Al Ing. Oswaldo y al Sr. Pablo por su disposición y apoyo durante la ejecución de este trabajo de investigación.

A mis amigos por su apoyo y aliento durante la ejecución de este trabajo de investigación. Siempre los tendré presente.

A todos GRACIAS...

INDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	14
2.1. LA QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	14
2.2.1. GENERALIDADES.....	14
2.2.2. CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA.....	14
2.2.3. DESCRIPCIÓN.....	15
2.2.4. VARIEDADES	16
2.2.5. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRITIVO.....	18
2.3. ESTABILIDAD DE LOS ANTIOXIDANTES.....	20
2.3.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE COMPUESTOS FENOLICOS.....	22
2.3.2. COMPUESTOS FENÓLICOS.....	24
2.4. PROCESOS AGROINDUSTRIALES	26
2.4.1. EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN	27
2.4.2. EXTRUSIÓN.....	28
2.4.3. LAMINADOS.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	32
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL	32
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	32
3.3.1. MATERIALES.....	32
3.3.2. EQUIPOS.....	33
3.3.3. REACTIVOS.....	34
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	34
3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL	34
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	39
3.5.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	39
3.5.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS	40
3.5.3. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL	41
3.6. UNIDADES DE ANALISIS Y OBSERVACIONES.....	44
3.6.1. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE QUINUA	44
3.6.2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES EN LA QUINUA TRANSFORMADA	45
3.6.3. EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL EN LA QUINUA TRANSFORMADA	46
3.7. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	46

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA.....	49
4.1.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	49
4.1.2. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES.....	50
4.1.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE QUINUA.....	51
4.2. CONPOSICIÓN DE LA QUINUA PROCESADA (EXPANDIDO, LAMINADO Y EXTRUIDO).....	55
4.2.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	55
4.2.2. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES.....	59
4.3. EFECTO DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN EN LA COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	62
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	73
ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalles Morfológicos de la planta de quinua	16
Tabla 2. Principales variedades de Quinua	17
Tabla 3. Composición proximal de la variedad Pasankalla y Negra Collana	19
Tabla 4. Perfil nutricional de la quinua extruida por 100g de porción comestible	30
Tabla 5. Requisitos físico-químicos de las hojuelas de quinua cruda.....	31
Tabla 6. Formato para recolección de datos	48
Tabla 7. Contenido de Capacidad antioxidante del grano de quinua.....	49
Tabla 8. Contenido de Compuestos fenólicos totales del grano de quinua	50
Tabla 9. Composición proximal del grano de quinua.....	51
Tabla 10. Efecto del tipo de proceso de capacidad antioxidante de dos variedades de quinua.....	55
Tabla 11. Efecto del tipo de proceso en el contenido de compuestos fenolicos totales de dos variedades de quinua	59
Tabla 12. Efecto del tipo de proceso en la composicion proximal de la variedad Pasankalla	63
Tabla 13. Efecto del tipo de proceso en la composición proximal de la variedad Negra Collana	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición química del grano de quinua en base seca	19
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de expandidos.	36
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de laminados.	37
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de Extruidos.....	38
Figura 5. Efecto de los procesos de transformación en el contenido de capacidad antioxidante de quinua	57
Figura 6. Efecto de los procesos de transformación en el contenido de compuestos fenolicos totales de quinua.....	61
Figura 7. Efecto de los procesos de transformación en la composición proximal de quinua variedad Pasankalla.....	66
Figura 8. Efecto de los procesos de transformación en la composición proximal de quinua variedad Negra Collana	70

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto de los procesos de transformación (expandido, laminado y extruido) en los compuestos fenólicos, capacidad antioxidantes y composición proximal en las dos variedades de quinua (Pasankalla y Negra Collana)", se llevó a cabo en su primera etapa en la planta de Servicios Agroindustriales "EL ALTIPLANO SAC" de la ciudad de Juliaca y los análisis respectivos se realizaron en el laboratorio de análisis de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-PUNO. El método utilizado para analizar la capacidad antioxidante fue el radical ABTS para medir el efecto antioxidante. En el análisis de compuestos fenólicos totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu que cuantifica el contenido de compuestos fenólicos totales como ácido gálico. Para la composición proximal se realizó por los métodos citados por la AOAC. De los análisis realizados se obtuvo los siguientes resultados: El contenido de capacidad antioxidante de la variedad Negra Collana fue 27.94 μMol . Trolox eq/g ms mientras que de la Pasankalla fue 12.12 μMol . Trolox eq/g ms, por otra parte se presentó un mayor incremento en el proceso de extrusión donde para la variedad Pasankalla fue 25.60 μMol . Trolox eq/g ms, mientras que de la Negra Collana 39 μMol . Trolox eq/g ms, además el expandido de la Pasankalla fue 24.41 μMol . Trolox eq/g ms y la Negra Collana 34.55 μMol . Trolox eq/g ms, asimismo en el laminado de la Pasankalla fue 14.19 μMol . Trolox eq/g ms, mientras que la Negra Collana fue 27.92 μMol . Trolox eq/g ms en donde presento una disminución ligera. Por efecto del proceso de extrusión presentó mayor incremento con respecto al contenido de fenoles para la Pasankalla fue 70.54 Ácido gálico/100 g ms, la Negra Collana fue 86.16 Ácido gálico/100 g ms, en el proceso de expandido de Pasankalla fue de 65.37 Ácido gálico/100 g ms, mientras que de la Negra Collana fue 83.42 Ácido

gálico/100 g ms, además en el proceso laminado de Pasankalla fue 55.51 Ácido gálico/100 g ms fue ligeramente la disminución, con respecto a la Negra Collana cuyo valor fue 79.41 Ácido gálico/100 g ms. Por efecto los procesos de transformación influyen en la composición proximal siendo el proceso de extrusión quien presenta mayor disminución con respecto a la variedad Negra Collana y Pasankalla. Concluyendo que la variedad Negra Collana presento mayor contenido de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos totales y composición proximal, asimismo el proceso de extrusión presento un mayor incremento en el contenido de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales en las variedades Pasankalla y Negra Collana, además presenta disminución en los tres procesos en la composición proximal de las dos variedades de quinua.

I. INTRODUCCIÓN

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos; estos alimentos como frutas, vegetales y granos contienen una alta variedad de compuestos polifenólicos con propiedades antioxidantes, que han recibido gran atención debido a sus funciones fisiológicas como antimutagénicos y antimicrobianos.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha recibido mucha atención en los últimos años debido a su valor nutricional excepcional y beneficios potenciales para la salud (Tang *et al.*, 2014). La quinua y productos de quinua son ricos no sólo en macronutrientes como proteínas, polisacáridos y grasas, sino también micronutrientes como polifenoles, vitaminas y minerales (Repo-Carrasco *et al.*, 2010)

Hoy en día el consumo de quinua es cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud mediante el cambio de los hábitos alimenticios, ya que es un excelente “alimento funcional” (que contribuye a reducir el riesgo de varias enfermedades y/o ejerciendo promoción de la salud). Este alimento, por sus características nutricionales superiores, puede ser muy útil en las etapas de desarrollo y crecimiento del organismo. Además, es fácil de digerir, no contiene colesterol y facilita la preparación de dietas completas y balanceadas.

El interés en los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en la última década ha sido provocado por los resultados de los estudios epidemiológicos que vinculan el consumo de dietas ricas en alimentos de origen vegetal con un menor riesgo de enfermedades asociadas con el estrés oxidativo, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Lopez *et al.*, 2013).

La alimentación futura deberá basarse en tratar de aumentar los componentes de los alimentos nutritivos o coadyuvantes para tomar la cantidad suficiente que asegure el desarrollo corporal, el control de peso, reducir el riesgo de enfermedad y alargar la vida manteniendo la calidad de la misma. Esto hace necesario presentar alternativas naturales con componentes funcionales adecuados como es el caso de la quinua que permitan ser utilizados en la complementación de la dieta de la población de diversa edad, los cuales requieren alternativas naturales y disponibles, que garanticen que con el proceso de elaboración (expandidos, laminados y extruidos por ejemplo) mantengan sus características de alimentos funcionales.

Por ello el presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de evaluar del efecto de los tres procesos agroindustriales en la estabilidad de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Para tal propósito se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), crudo de dos variedades de quinua.
2. Evaluar la influencia de los procesos de transformación (expandido, laminado y extruido) en dos variedades de quinua en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes.
3. Evaluar la influencia de los procesos de transformación (expandido, laminado y extruido) en dos variedades de quinua en la composición proximal.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)

2.2.1. GENERALIDADES

La quinua es un pseudocereal herbáceo anual, cuyo origen estaría en el altiplano o en los Andes del norte del Perú y Ecuador. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas como los cereales, esta posee cualidades atributos superiores (Wilson, 1990).

La quinua es una planta andina perteneciente a las especies domesticadas en las regiones del Lago Titicaca de Perú y Bolivia. Su domesticación probablemente tomó un largo período de tiempo, comenzando por el consumo de las hojas y luego por las semillas. La especie se ha adaptado a diferentes condiciones climáticas, culturales y agrícolas, por lo que ha sido utilizada por varios tipos de comunidades étnicas. Al parecer se encontraba ampliamente distribuida geográficamente desde el departamento de Nariño en Colombia hasta la región del Tucumán en Argentina y el río Maule en Chile. Algunos registros evidencian la utilización de la quinua por los Mayas y Aztecas en Centroamérica. Las evidencias arqueológicas en la región de Chile y Ayacucho en Suramérica señalan que la domesticación pudo haber ocurrido entre 3000 y 5000 antes de Cristo. En la actualidad, la quinua se encuentra distribuida mundialmente en América, Europa, Asia y África, con lo que se ha evidenciado la capacidad de adaptación de la planta (Mujica *et al.*, 2001).

2.2.2. CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA

Gonzales, (2003) menciona que la quinua es considerada un pseudo-cereal porque pertenece a la familia Chemopodiáceas (familia de las espinacas y la remolacha) y no a la familia de las gramíneas (como el trigo). El género *Chemopodium* es el principal dentro

de esta familia y tiene una amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies y según el sistema descrito por Giusti (1970), la quinua pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógamas
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Angiospermas
Orden:	Centropermales
Familia:	Chemopodiaceae
Género:	Chemopodium
Sección:	Chenopodia
Subsección:	Cellulata
Especie:	<i>Chenopodium quinua</i> Willdenow

2.2.3. DESCRIPCIÓN

La quinua es una planta herbácea. Alcanza una altura que varía entre los 100 y 230 cm. La planta puede tener diferentes colores, naranja, rojo vivo, rojo oscuro y verde. Las características se detallan en el Tabla 1.

Tabla 1. Detalles Morfológicos de la planta de quinua

RAÍZ.	Es pivotante con muchas ramificaciones alcanza una profundidad hasta los 60 cm.
TALLO.	Es cilíndrico a la altura del cuello y angular a partir de las ramificaciones. El número de ramificaciones depende del tipo de entrada y puede variar mucho.
HOJAS.	Tipo lanceolada, grande en la parte inferior y pequeñas en la parte superior de la planta. Don dentadas, el número de dientes es una característica importante para su clasificación, cubiertas de un polvo fino farináceo.
FLOR.	Pequeña y carece de pétalos; puede ser hermafrodita o pistilida. La inflorescencia se da en dos tipos: amarantiforme y glomerulada.
FRUTO.	Pequeño aproximadamente de 2 mm de diámetro y 1mm de espesor. El color de la semilla (hito maduro) puede ser amarillo, café, crema, blanco o translucido.

Fuente: FAO, (2001)

2.2.4. VARIEDADES

La quinua en la actualidad tiene la distribución mundial, en América desde Norteamérica y Canadá, hasta en Chiloé en Chile, en Europa, Asia y el África. Existe gran cantidad de variedades y cultivares utilizados comercialmente la producción de quinua con resultados aceptables así como en su adaptación. Entre estas tenemos, principalmente del Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Colombia, Chile, México, Holanda, Inglaterra y

Dinamarca. En la Tabla 2 se muestra claramente las principales variedades de quinua tales como las variedades que se están investigando.

Tabla 2. Principales variedades de Quinua

Tipo	Variedades	Zonas de Producción
Blancas de Altiplano	Illpa inia	Altiplano Peruano
	Collao	
	Salcedo inia	
	Rosada de Taraco	
	Kancolla	
	Tahuaco	
	Blanca de juli	
Blancas de Valle	Blanca de Junin de Huancayo	Huancayo Huancayo Huaraz Cusco / Sicuani Cusco Cusco/Huancayo
	Huancayo	
	Huancayo	
	Hualhuas	
	Amarillo marangani	
	Amarillo sacaca	
Color Altiplano	Blanca de Junin de Cusco	Puno: Circunlacustre Altiplano peruano
	Pasankalla	
	Negra Collana	

Fuente: INDECOPI, (2009)

2.2.4.1. VARIEDAD PASANKALLA

El INIA 415 – Pasankalla es el resultado de seis años de investigación sistemática llevada a cabo por científicos de las Estación Experimental Agraria (EEA) Illpa – INIA en Puno y es una respuesta a los problemas de producción, productividad y calidad de grano que afrontaban los productores de la región. Con otras variedades, los agricultores lograban

un rendimiento promedio de 900 kg/ha, mientras que con la quinua INIA 415 - Pasankalla se obtienen 3,5 t/ha de rendimiento promedio. (INIA, 2008).

2.2.4.2. VARIEDAD NEGRA COLLANA

La variedad INIA 420 “Negra Collana”, es de amplia base genética ya que es un compuesto de 13 accesiones de 12 localidades, comúnmente conocidos como “Quytu jiwras”, que comercialmente se le asigna el nombre de INIA 420 “Negra Collana”, como resultado de las pruebas de identificación, adaptación y eficiencia desarrollados en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), y evaluaciones participativas en campos, con agricultores de las Comunidades campesinas, Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Kallachoco y Corcoroni de los distritos de Cabana, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno (INIA, 2008).

Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4° a 15°C.

2.2.5. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRITIVO

La quinua es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único debido a su valor nutricional (FAO, 2011). El grano de quinua está conformado mayoritariamente por carbohidratos, seguido de proteína y grasa (GTZ et al., 2001). En la Figura 1, se indica el contenido de los diferentes componentes nutricionales de la quinua.

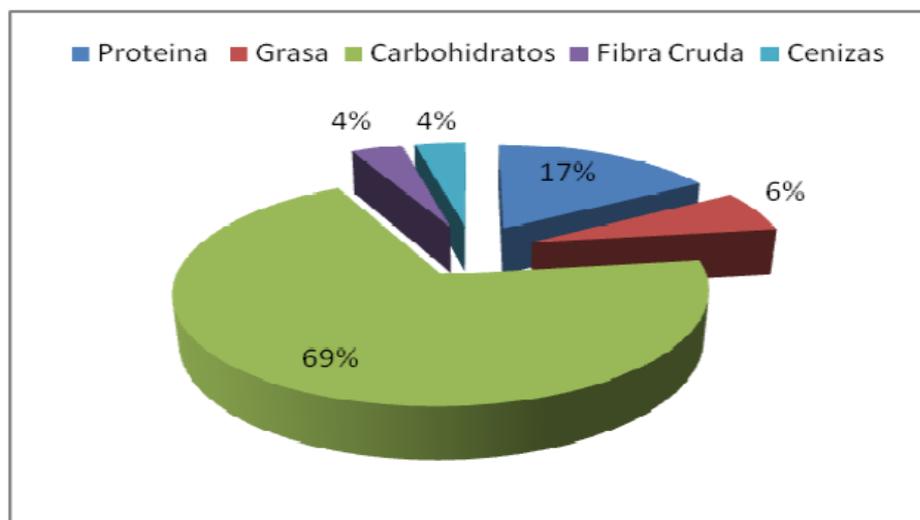


Figura 1. Composición química del grano de quinua en base seca (GTZ *et al.*, 2001).

En la Tabla 3 se muestra la composición proximal de la quinua Variedad Pasankalla y Negra Collana

Tabla 3. Composición proximal de la variedad Pasankalla y Negra Collana

Componente	(1) Pasankalla	(2) Negra Collana
Humedad	9.47	10
Proteína	14.09	17.85
Grasa	7.05	9.82
Ceniza	3.25	2.20
Fibra Cruda	2.86	1.89
Carbohidratos	72.75	58.24

Fuente:

- (1) (Repo-Carrasco, 2011)
- (2) (INIA, 2012)

2.3. ESTABILIDAD DE LOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son compuestos usados para retardar el inicio o disminuir la velocidad de oxidación. (Alcázar, 2002) La importancia de los antioxidantes presentes en los alimentos radica en que son capaces de preservar a los alimentos que los contiene y en el aporte *in vivo* de antioxidantes esenciales. (Pokorny & Gordon, 2005).

Los antioxidantes son una forma de defensa del cuerpo humano contra los radicales libres. Son agentes que inhiben o neutralizan el daño potencial que los radicales libres pueden ocasionarnos. Nuestro organismo no puede fabricar los antioxidantes, por ello necesitamos consumirlos. Los antioxidantes más conocidos son: vitamina C, vitamina E, Beta-caroteno (una forma de vitamina A) y, Selenio (mineral). (Reardon, 2009.)

a. Antioxidantes Sintéticos

Se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos los más usados son los compuestos fenólicos como el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los esteres del ácido gálico (Pokorny, 2005).

Los antioxidantes sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar su solubilidad en grasas y aceites. Son muy estables al calor y se usan a menudo para estabilizar las grasas de los productos cocinados y fritos. Pero desde el punto de vista de la seguridad alimentaria están sujetos a constantes cuestionamientos y restricciones dado a que se ha reportado que serían carcinogénicos (Ito *et al.*, 1996, citado por Calsin, 2007). De acuerdo a las normas el uso de estos cuatro antioxidantes sintéticos están limitadas al 0.02% del contenido de grasa o aceite del alimento para suprimir el desarrollo del peróxidos durante el almacenamiento. La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha

estudiado con gran profundidad, aconsejan mantener cierta precaución. En este caso los antioxidantes naturales se presentan como sustancias más saludables.

b. Antioxidantes Naturales

Es difícil de poder definir a los antioxidantes naturales principalmente se refieren a las que se presentan en la mayoría de los vegetales, microorganismos, hongos e incluso tejidos animales. Las plantas producen una variedad de antioxidantes contra daño molecular de especies reactivas y ciertos productos naturales podrían desempeñar un papel preventivo debido a sus características antioxidantes. La mayoría de los antioxidantes naturales son compuestos fenólicos y sus eficacia depende de la reacción del hidrogeno fenólico con los radicales libres, de la estabilidad de los radicales antioxidantes formados durante la reacción con los radicales libres y de las sustituciones químicas presentes en su estructura básica, que probablemente es el factor que contribuye la actividad de los antioxidantes naturales estables (Pokorny *et al.*, 2005).

Entre tanto investigaciones de la actividad antioxidante de varias fuentes naturales demuestran que son eficaces y seguros, así extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos despiertan un interés en la agroindustria porque retardan la degradación oxidativa de lípidos y mejoran las cualidades de los alimentos. Además se están estableciendo metodologías de extracción, identificación de compuestos activos, y evaluación de su eficacia de estos compuestos activos en la oxidación de aceites y alimentos, constatándose que la actividad antioxidante de una fuente natural es influenciada por diferentes factores como: región en donde la planta es cultivada, el solvente o técnica de extracción empleados, o el sustrato lipídico utilizado en el ensayo (Frankel, 1993, citado por Calsin, 2007).

2.3.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE COMPUESTOS FENOLICOS

Los alimentos de origen vegetal en especial de las frutas y los vegetales presentes en la dieta de acuerdo de estudios epidemiológicos realizados, pueden ejercer un efecto protector contra algunas enfermedades tales como el cáncer y trastornos cardiovasculares por la presencia de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante y una mezcla compleja de compuestos fenólicos (Padilla et al., 2008).

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se ve determinado por su estructura química, por lo que existen grandes diferencias en la efectividad como antioxidante entre distintos grupos de compuestos. Rice-Evans et al. (1996), sostiene que el arreglo estructural de los compuestos fenólicos le confieren una gran actividad antioxidante.

Los antioxidantes protegen el organismo de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que pueden dañar el organismo a nivel celular. Este daño producido por los radicales libres puede aumentar el riesgo al desarrollo de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas. Los antioxidantes desactivan los radicales libres, minimizando el daño y protegiendo el organismo de este tipo de enfermedades (Padilla, *et al.*, 2008).

Para entender bien el concepto de actividad antioxidante es necesario hacer referencia a las especies reactivas de oxígeno y a los antioxidantes:

Una especie reactiva de oxígeno es cualquier átomo o molécula con electrones desapareados, y por lo tanto, es una especie inestable. Entre estos podemos mencionar a los radicales libre, [ion superóxido ($O_2^{\cdot-}$), radical hidroxilo (OH), alcoxilo (RO), peroxilo (ROO) y óxido de nitrógeno (NO)] y a los no radicales [peróxido de hidrogeno (H_2O_2),

oxígeno singulete (O_2) y peroxinitrito ($ONOO^-$)]. Estas especies reactivas pueden ser generadas de forma endógena (metabolismo de la respiración, células fagocitarias, autoxidación de compuestos de carbono y la activación catalítica de algunas enzimas), y exógena (radicación, luz solar, tabaco, ozono, drogas, contaminantes y aditivos en alimentos) (González, *et al.*, 2001).

Por otra parte, la capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él. La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben ciertos a compuestos como la vitamina C, vitamina E o B- Caroteno, además de los más recientes estudiados y caracterizados compuestos fenólicos.

La captación de radicales es el principal mecanismo de acción de los antioxidantes en los alimentos. Se ha desarrollado muchos métodos en los que se mide la capacidad antioxidante a través de la captación de radicales libres sintéticos en solventes orgánicos polares, a temperatura ambiente (Pokorny *et al.*, 2005). El radical usado es el 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-ácido sulfónico) (ABTS). Este método puede ser útil para la búsqueda de nuevos antioxidantes, pero no cuando se pretende valorar utilidad de una antioxidante en un alimento, ya que su actividad en este caso depende de factores tales como la polaridad, solubilidad y la actividad quelante de metales (Pokorny *et al.*, 2005).

El radical catiónico ABTS es más reactivo que el DPPH, el método más reciente consiste en el uso del persulfato potásico para oxidar el ABTS este radical se expresa en la mayoría de los casos como capacidad antioxidante equivalente Trolox (Pokorny *et al.*, 2005). El método permite evaluar la capacidad antioxidante debido a la decoloración de un radical libre preformado por acción del compuesto antioxidante (Armao, 2001) y el color azul que se forma es debido a la formación de radicales libres después de mezclar el

peróxido con el ABTS, la decoloración de la muestra indica que los radicales libres fueron reducidos por la presencia de antioxidantes en las muestras. La capacidad antioxidante es la medida de los moles de un radical libre dado, reducido por la solución prueba independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Ghiselli *et al.*, 2000, citado por Calsin, 2007). Finalmente, la actividad antioxidante es la capacidad que tiene una sustancia para disminuir la presencia de las especies reactivas de oxígeno antes de su ataque a diversos sustratos (lípidos, proteínas, ADN) (Huang, *et al.*, 2005).

La quinua contiene una gran variedad de compuestos antioxidantes, como carotenoides, vitamina C y flavonoides, todos estos sirven de protección contra una variedad de enfermedades, en particular el cáncer, alergia, enfermedades inflamatorias y puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Dini *et al.*, 2010).

La alta capacidad antioxidante de la quinua está relacionada con su alto contenido fenólico que puede variar dependiendo de la variabilidad genética y las condiciones ambientales (Repo-Carrasco *et al.*, 2010).

2.3.2. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos tales como los flavonoides y ácidos fenólicos son una de las más importantes fuentes de antioxidantes de los alimentos (Peñarrieta, *et al.*, 2007). Los compuestos fenólicos o polifenoles se caracterizan por ser uno de los grupos de compuestos presentes en el reino vegetal, siendo parte importante de la dieta tanto humana como animal. Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, consideradas metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad, englobando más de 8000 compuestos distintos. Actualmente, este grupo de compuestos fotoquímicos

presentan un gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana. De este modo, muchas de las propiedades beneficiosas descritas en los alimentos de origen vegetal, asociados principalmente a la actividad antioxidante de estos compuestos, están relacionadas con la presencia y el contenido de compuestos fenólicos (Martínez et al., 2000).

Entre los compuestos fenólicos de los productos vegetales se ha identificado un gran abanico de sustancias con un amplio espectro de actividades funcionales. Tradicionalmente, estos compuestos se han considerado importantes en los vegetales por su participación en el flavor y color (especialmente en el pardeamiento enzimático), pero actualmente también despiertan un gran interés por sus potenciales efectos beneficiosos para la salud. (Fennema, 2000).

La forma más frecuente de encontrar los compuestos fenólicos en los vegetales es en forma de monómeros, oligómeros y polímeros (Andaray, 1997; citado por Calsin, 2007). Los fenoles protegen a las plantas contra los daños oxidativos y llevan a cabo la misma función en el organismo humano, actúa como metabolito esencial para el crecimiento y reproducción de las plantas, dar pigmentación a las flores y frutos y favorecer la producción modular. Además actúan como agentes protectoras frente a la acción de patógenos, radiación UV y enfermedades, siendo secretados en estos casos como mecanismos de defensa (Bimis *et al.*, 2001, citado por de la Riva, 2010).

Su contribución a la pigmentación de los alimentos está claramente reconocida, a través de las antocianidinas, responsables de los colores rojo, azul, violeta, naranja y purpura de la mayoría de las plantas y de sus productos (Belitz y Grosh, 1997). Muchos de los compuestos fenólicos son buenos sustratos de pardeamiento y a su vez buenos antioxidantes los diversos compuestos fenólicos pueden ser degradadas por sistemas

enzimáticos presentes en los tejidos vegetales como las glucosidasas, polifenoloxidasas y peroxidasas (Francis, 1989; citado por Calsin, 2007).

Investigación en los compuestos fenólicos naturales demostraron ser eficaces en la prevención de la rancidez de muchos sistemas lipídicos. La actividad de estos compuestos es difícil de predecir debido a los diversos mecanismos implicados en la eficacia antioxidante (Frankel, 1996), propiedad que vienen siendo descubiertas y que resultan bastante beneficiosas en diversas áreas, entre las cuales podemos mencionar: el área de la salud, farmacéutica, agroindustria, cosmética entre otras.

La quinua, amaranto y Rawa amaranto y Aztek de FRAP para ambos ABTS y DPPH. Brotes de actividad dependía de la longitud de su crecimiento, y se alcanzaron los valores de pico en el cuarto día en el caso de amaranto y en el sexto día en el caso de la quinua. Los datos obtenidos por los tres métodos mostraron correlación significativa entre el contenido de polifenoles totales en las semillas y los brotes. En brotes que crecen en la luz del día y en la oscuridad observamos algunos cambios significativos de contenido de polifenoles totales (PT), contenido de antocianinas (ANT) y la actividad antioxidante. Semillas y brotes de amaranto y la quinua se pueden utilizar en los alimentos, ya que es una buena fuente de ANT y PT con alta actividad antioxidante. (Pasko, *et al.*, 2009). Los compuestos fenólicos pueden actuar como agentes, eliminadores de radicales libres. (Gawlik *et al.*, 2013).

2.4. PROCESOS AGROINDUSTRIALES

Las amplias posibilidades de preparación de la quinua, permite ser usada en la industria alimenticia en expandidos, extruidos, concentrados proteicos, suplementos alimenticios, almidones, colorantes vegetales, leche, laminados, perlados, germinados, formulaciones de

alimentos para bebés, hojas liofilizadas, fideos, harinas precocidas de colores naturales y variados, etc. Estos amplios usos transforman a la quinua en un producto fácilmente adaptable a los gustos y exigencias del consumidor (Gajardo, 2005).

2.4.1. EXPANSIÓN POR EXPLOSIÓN

El fenómeno de expansión es un proceso de caída de presión el cual involucra una repentina transferencia de masa de vapor sobrecalentado en un espacio de baja presión. Como es sabido, el almidón se encuentra en el endospermo de los granos (cereales), en forma de corpúsculos, discretos, redondeados o poliédricos, denominados “gránulos”. Dichos gránulos están sometidos a un calentamiento por encima de la temperatura de gelatinización y a una presión de 150 – 200 lb/pulg², en este momento el gránulo pierde su estructura organizada rompiendo puentes de hidrogeno, aumentando la penetración de moléculas de agua en el granulo, las cuales se asocian a grupos de hidroxilos liberados durante el proceso. El proceso continua hasta que se alcanza la viscosidad máxima en cuyo momento las fuerzas de cohesión que mantienen la estructura del granulo se debilitan hasta el punto que se pierde su integridad. Ello origina un aumento progresivo del volumen del grano y mediante el escape rápido del vapor de agua se logra un producto inflado y poroso. (Chávez, 1990, citado por Tacora, 2010). Los expandidos son productos que se preparan a partir del grano acondicionado del maíz, trigo, arroz y avena. (Alcázar, 2002).

El proceso de expandido por explosión influyen positivamente en el contenido de polifenoles totales de la cañihua, esto debido a que los productos de la reacción de Maillard formados como consecuencia del tratamiento de calor intenso o almacenamiento prolongado, generalmente exhiben fuertes propiedades antioxidantes, generalmente

rompiendo la cadena y la actividad secuestrante del oxígeno. Según (Kaur and Kapoor 2001 citado por Tacora *et al.*, 2010).

El comportamiento de la capacidad antioxidante en el proceso de expandido por explosión se asemeja al comportamiento de polifenoles totales del mismo proceso ya que existe una fuerte correlación entre el contenido de polifenoles totales de los pseudocereales y la actividad antioxidante de los mismos sugiriendo que el contenido de polifenoles totales es un buen indicador de la capacidad antioxidante. (Pas'ko 2009 citado por Tacora *et al.*, 2010).

2.4.2. EXTRUSIÓN

La extrusión es el proceso unitario termodinámico de cocción y secado a través de un equipo o extrusor o para obtener un producto farineo extruido, en el pasado la tecnología de extrusión se usó para producir alimentos destinados a los animales. Los snack o bocaditos y extruidos originales se desarrollan a partir de maíz, trigo y arroz como cereales para desayuno, hoy en día la extrusión de alimentos para humanos es muy importante y ventajosa en la industria moderna de alimentos (Mujica *et al.*, 2006, citado por Roji *et al.*, 2012).

Los granos andinos por su calidad nutritiva, es una alternativa promisoría para cubrir deficiencias de mal nutrición especialmente para la población infantil, ancianos, madres gestantes y lactantes, por cuya razón es uso de quinua en extruidos es una opción para mejorar la dieta alimentaria. Los extruidos mejora significativamente la digestibilidad de los nutrientes (Mujica *et al.*, 2006).

La extrusión de alimentos es un sistema de cocción a altas temperaturas en corto tiempo (HTST) utilizado como medio de reestructurar material alimenticio con contenido

de almidón y/o proteínas y de esta forma elaborar diferentes tipos de alimentos texturizados. En este proceso, el alimento se somete a altas temperaturas, elevada compresión e intenso esfuerzo cortante (cizallamiento), en periodos cortos, las cuales producen entre otros los siguientes fenómenos: modificación de las características físicas, químicas y físico-químicas de las macromoléculas; ocurren fenómenos como la gelatinización y dextrinización del almidón, desnaturalización y/o texturización de las proteínas y la desnaturalización de partes de las vitaminas presentes (Mujica *et al.*, 2006).

El efecto de extrusión sobre el valor nutricional, depende del tipo de alimento, contenido de humedad, tiempo y temperatura de tratamiento, generalmente, la tecnología de extrusión permite obtener productos de calidad, es decir, minimizan la degradación o desnaturalización de los nutrientes, mejora la digestibilidad y destruye factores indeseables o anti alimentarios de los alimentos (Fellows, 1993).

2.4.2.1.Productos extruidos a base de quinua

Mediante este proceso, la quinua laminada se acondiciona en un rango de porcentaje de humedad entre 14 a 16. El proceso se lleva acabo a temperaturas de 150-160°C y la presión se incrementa hasta 2.5 Mpa debido a la energía mecánica (fricción) que ejerce el tornillo sin fin, el cual gira a alta velocidad (350 rpm) presionando el alimento contra las paredes del cilindro extrusor. El agua que se encuentra mezclada con el alimento sufre un cambio brusco de presión, evaporándose instantáneamente y provocando la expansión (Zea, 2011).

Tabla 4. Perfil nutricional de la quinua extruida por 100g de porción comestible

Análisis	Por 100g (Porción)
Humedad (%)	6.33
Proteína (g)	12.51
Grasa (g)	2.53
Fibra dietética soluble (g)	1.09
Almidón (g)	74.12

Fuente: Repo-Carrasco *et al.*, (1993)

Las reacciones de la proteína durante la extrusión (expansión) son: Reacción de Maillard por la presencia de azúcares reductores, desnaturalización, ruptura y formación de enlaces químicos intermoleculares (peptídico y disulfuro) y la formación de complejos proteínas - proteína. proteína - carbohidratos y proteína - lípido (Cisneros 2000 citado por Zea, 2011).

El calentamiento por extrusión, produce alteraciones químicas de los restos de los aminoácidos (deshidratación de la serina o desaminación del glutamilo e-N-lisina) Estos cambios pueden alterar las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas (Fennema., 1997, citado por Zea., 2011) Condiciones de bajo contenido de humedad tienden a dar un grado de protección a la desnaturalización proteica pero también crean las condiciones apropiadas para la generación de mayor cizalla y altas temperaturas (Van Der Piel 1992 citado por Zea, 2011).

2.4.3. LAMINADOS

Es el proceso de someter la quinua a presión en máquina de laminado, con la finalidad de obtener un producto precocido conocido también como hojuelas de quinua. La hojuela de quinua ha sufrido la eliminación de sus tegumentos por medios mecánicos, para

ello el grano es acondicionado hasta un contenido de humedad de 15 – 17%. Desde el punto de vista legal las hojuelas se definen como el producto de textura frágil y crujiente, obtenidas a partir de granos de cereales descascarados y desgerminados que han sido sometidos a procesos de cocción secado, laminado y horneado con la adición o no de azúcar malta o sal comestible (Quintela, 2004). Las hojuelas es un proceso de laminación que consiste es pasar el grano entero por unos rodillos en presencia de presión de vapor y de inyección de agua en caso de que la humedad sea baja, el equipo se realiza este proceso se llama laminador y como resultado se obtiene la hojuelas (Rodríguez, 2001).

Tabla 5. Requisitos físico-químicos de las hojuelas de quinua cruda

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Min.	Máx.	
Humedad	%	-	13.5	AOAC 945.15
Proteínas	%	10	-	AOAC 992.23
Fibra cruda	%	2	-	AOAC 945.38
Cenizas	%	-	3.5	AOAC 945.38
totales				
Grasa	%	4	-	AOAC 945.35

Fuente: INDECOPI, (2013)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas:

Primera etapa: En la que se realizó los procesos de Expandidos, Laminados y Extruidos en las variedades Pasankalla y Negra Collana en las instalaciones de la planta de Servicios Agroindustriales “El Altiplano S.A.C” situada en la ciudad de Juliaca departamento Puno – Perú.

Segunda Etapa: En el laboratorio de Evaluación nutricional de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Altiplano Puno – Perú.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizaron dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Pasankalla y Negra Collana, las cuales fueron adquiridas de la planta de Servicios Agroindustriales “El Altiplano S.A”.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Pipetas volumétricas 1 ml, 5 ml y 10 ml.
- Micropipetas de 1000 μ l y 500 μ l
- Probetas de 10 ml, 20 ml y 100 ml
- Vasos precipitados de 50ml y 250 ml

Gradillas de plástico

- Tubos de ensayo de 20 ml

- Placas Petri
- Luna de reloj
- Fiola de pirex de 10 ml
- Mesa de trabajo

3.3.2. EQUIPOS

- Extrusor mototornillo por calentamiento a fricción motor 15 HP trifásico.
Modelo Instra-Por modelo Americano.
- Laminador. Consta de una tolva de 50kg de capacidad con 2 rodillos de inoxidables. Motor de 7.5 HP.
- Cañón expansor con tapa de teflón con una capacidad de 3kg.
- Molino de martillos. Acero Inoxidable
- Centrifuga DYNAC 420101, USA.
- Espectrofotómetro 4802- UV/VIS DOUBLE BEAM
- Agitador magnético MicroMix Potencia 12 W. Rango de velocidad 200-1500 rpm. Resolución 20 rpm.
- Estufa
- Analizador de humedad Delver modelo HD-1021-USB serie 212 203 094
Industria argentina Mercosur
- Balanza Electrónica Henkel Serie KG 25550
- Equipo de destilación kjeldahl

3.3.3. REACTIVOS

- ABTS (2,2 Azino-bis 3 ethylbezothializones-6-sulfonic acid) Diamonium salt 98% (Sigma Aldrich)
- Agua destilada (MERCK)
- Carbonato de sodio Na_2SO_3
- Folin Ciocalteau 2N (MERCK)
- Persulfato de potasio
- Metanol CH_3OH 99.8% (SIGMA ALDRICH)
- Ácido gálico (ácido 3,4,5- trihidroxibenzoico)

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se ha realizado según el diagrama experimental en la figuras 2, 3 y 4 donde se muestra los tres procesos de transformación (expandidos, laminados y extruidos) detalladamente.

3.4.1.1. Expandidos

- **Recepción de materia prima:** Se registró la calidad de materia prima las mismas que se adquirió de la planta de Servicios Agroindustriales “El Altiplano S.A”, con sus respectivas fichas de control, se adquirió 10 kilogramos.
- **Acondicionamiento:** En esta parte se hidrato la materia prima antes de llevarlo al cañón expandidor.
- **Precalentamiento.** Se calentó el equipo por un tiempo de 20 minutos. Mediante un soplete de gasolina a través del orificio del equipo.
- **Alimentación:** Se alimentó con 2.5 kg para cada variedad.

- **Expandido:** Esta operación se realizó cuando el grano ha calentado y alcanzado el nivel necesario de presión ($P^{\circ}=165 \text{ lb/plg.}^2$), se retiró el soplete, se abrió la tapa del cañón, y es cuando se produce una caída de presión, el cual involucra una repentina transferencia de masa de vapor sobrecalentado, esto hace que los granos se expandan.
- **Tamizado:** Esta operación se realizó con la finalidad de separar los productos no expandidos y fracciones de grano.
- **Envasado:** Se envasó en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) para su análisis respectivo.

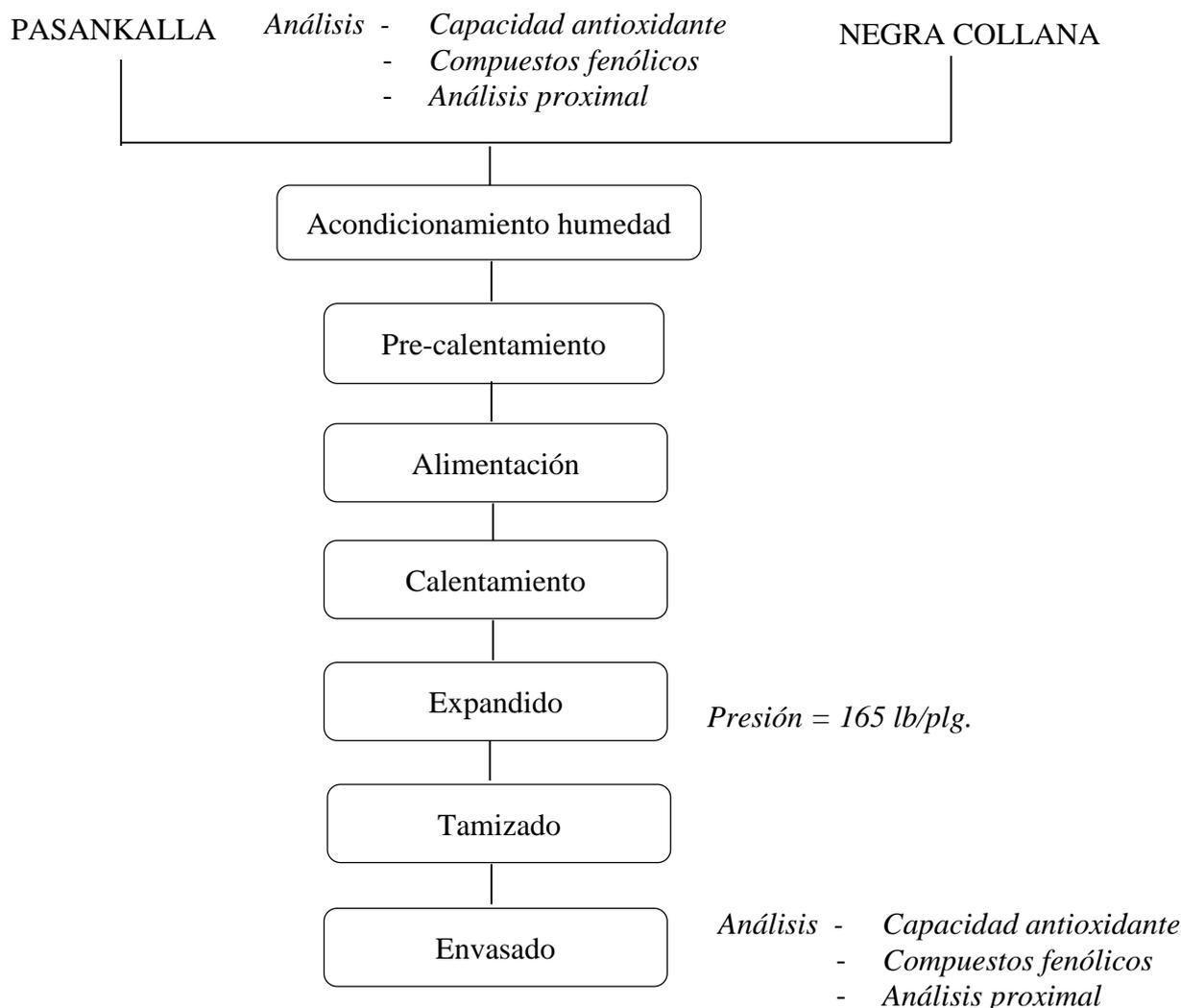


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de expandidos.

3.4.1.2. Laminados

- **Recepción de materia prima:** Se registró la calidad de materia prima las mismas que se adquirió de la planta de Servicios Agroindustriales “El Altiplano S.A”, con sus respectivas fichas de control, se adquirió 10 kilogramos.
- **Acondicionamiento:** Para la obtención de este producto primero se midió la humedad inicial de grano de quinua, se agregó 20 ml de agua por cada kilogramo de quinua con el fin de aumentar la humedad, se homogenizo y reposo por 20 minutos.

- **Laminado:** Es el proceso de convertir el grano de quinua en hojuelas planas; que se consigue mediante la presión de la maquina laminadora.
- **Secado:** Las hojuelas fueron secadas en el medio ambiente hasta obtener una humedad de 10%.
- **Envasado.-** Fueron envasados en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) para su respectivo análisis

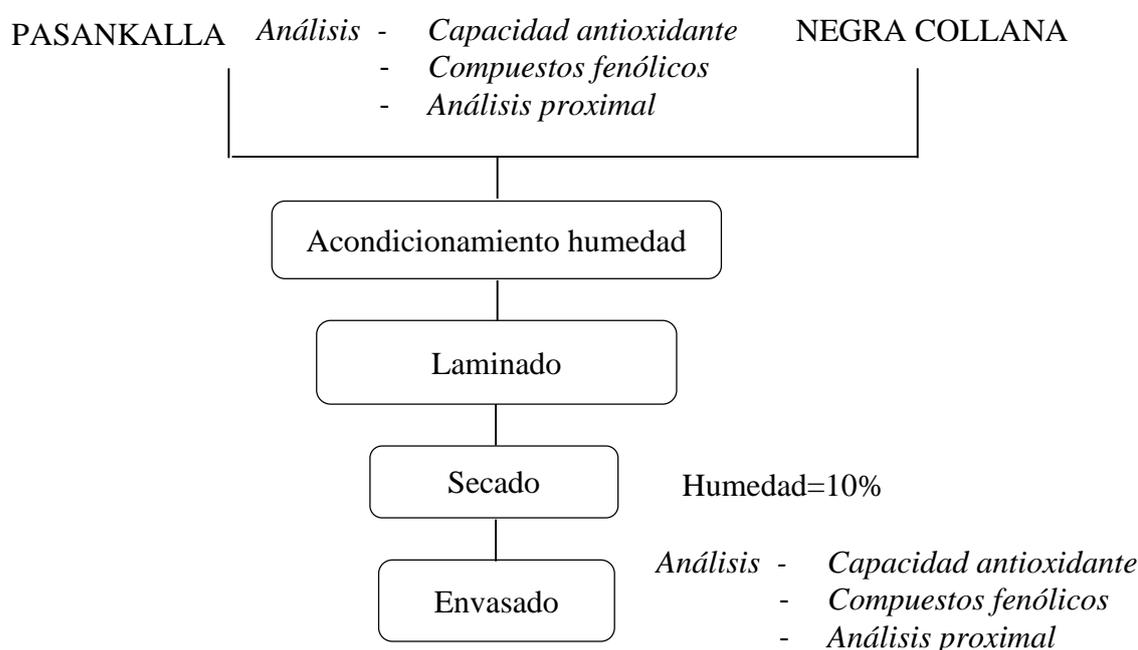


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de laminados.

3.4.1.3. Extruido

- **Recepción de materia prima.-** Se registró la calidad de materia prima las mismas que se adquirió de la planta de Servicios Agroindustriales “El Altiplano S.A.C”, con sus respectivas fichas de control, se adquirió 10 kilogramos.

- **Acondicionamiento:** Para la obtención de este producto primero se midió la humedad inicial de grano de quinua, se agregó 20 ml de agua por cada kilogramo de quinua con el fin de aumentar la humedad se homogenizo y reposo por 20 minutos.
- **Laminado.-** Para la extrusión, fue necesario realizar un previo laminado.
- **Extruido.-** Se utilizó un extrusor eléctrico monotornillo de la marca Instra- Por modelo americano, temperatura 142°C, una presión del extrusor de 350 lb/pulg2, velocidad del tornillo de 350 rpm y una capacidad de 250 a 300 kg/h.
- **Molienda.-** Se realizó en el molino de martillos.
- **Envasado.-** Se envaso en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) para su respectivo análisis.

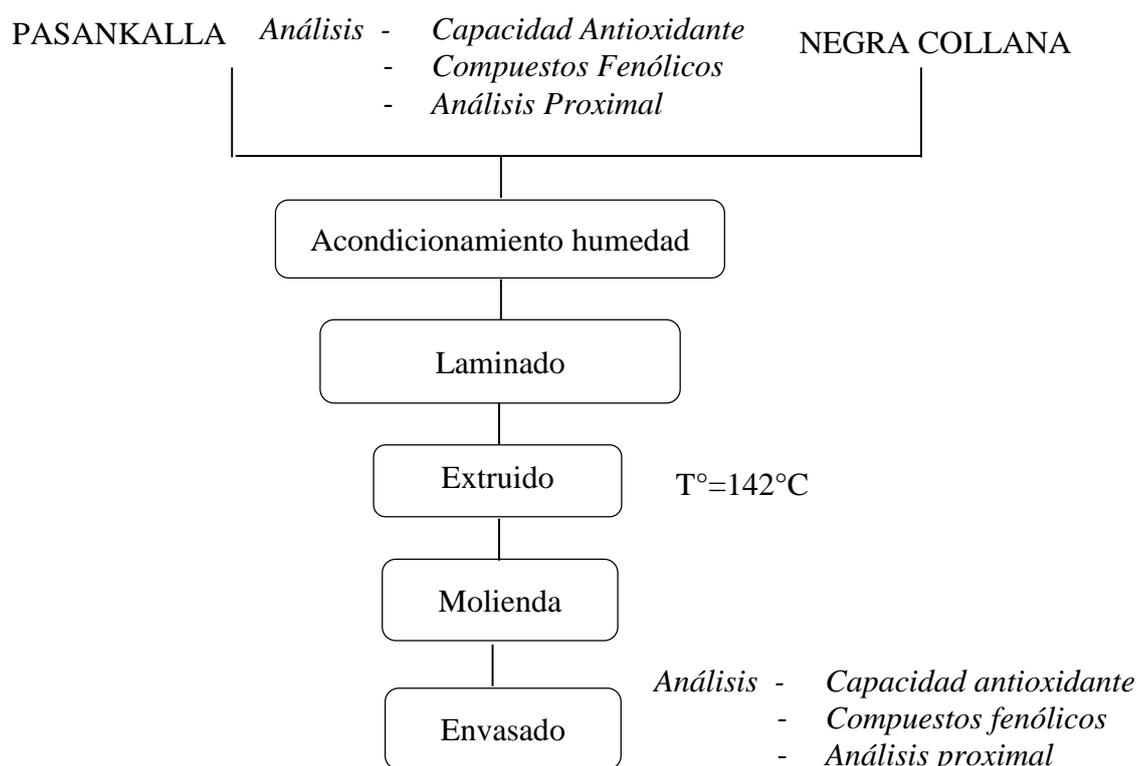


Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de Extruidos.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Se utilizó la metodología reportado por Arnao (2001). El método permite evaluar la capacidad antioxidante debido a la decoloración de un radical libre preformado por la acción del compuesto antioxidante. Es aplicable para antioxidantes hidrofílicos, así como también para los lipofílicos. El procedimiento es el siguiente:

La solución de ABTS se preparó diluyendo 78.4 mg. Y se enrasó a 10 mL de agua destilada en una fiola (reactivo A). Por otro lado, también se preparó una solución de persulfato de potasio (reactivo B), para lo cual se pesa 26.4 mg. y se enrasa a 20 mL en una fiola con agua destilada. Ambas soluciones se almacenan a temperatura ambiente en frasco.

Luego se preparó la solución madre de ABTS+2 empleando volúmenes iguales de los reactivos A y B (relación 1:1), se mezcló bien y se dejó reposar en oscuridad por 12 horas a temperatura ambiente, antes de ser usada. La solución madre sirve para las 4 horas siguientes.

De la solución madre se preparó una solución diluida de ABTS+2 y se le adicionó 60 mL de metanol al 96%, esta solución debe dar una lectura de absorbancia a 734 nm de $1,1 \pm 0,02$, de lo contrario debe corregirse agregando metanol o solución madre, según sea el caso (se conservó en un frasco ámbar). Se llevó previamente a cero el espectrofotómetro con metanol.

Para proceder a la cuantificación de la capacidad antioxidante se tomó 15 μ L de los extractos obtenidos, se adicionó 2850 μ L de solución de ABTS diluida, luego se agitó por 2 horas y 30 minutos, ya que en este tiempo se mantuvo constante, a temperatura ambiente. Luego se procedió a realizar las lecturas de absorbancia a 734 nm. Las lecturas deben estar

comprendidas entre 0.1 y 1.05. Para preparar el blanco se procedió de la misma manera pero se utilizó en lugar de la muestra de metanol. La actividad antioxidante se estimó usando una curva estándar teniendo como patrón el Trolox, el cual es una sustancia hidrosoluble análoga de la vitamina E. los resultados se expresaran como $\mu\text{mol Trolox equivalente/g. de Quinoa}$.

La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de la capacidad antioxidante en metanol es la siguiente:

$$\mu\text{mol Trolox equivalente/ml} = 0.7836 \times Abs - 0.001$$

Y la capacidad antioxidante se calculó con la ecuación:

$$Y = ((0.7836 \times \Delta Abs) - 0.001) \times Fd \times A$$

Dónde:

Y: $\mu\text{mol Trolox equivalente/g. de muestra fresca}$

ΔAbs : absorbancia del blanco – absorbancia de la muestra (734nm)

Fd: factor de dilución

A: volumen (mL) de solvente utilizado + peso de muestra (g)/ peso de la muestra (g).

3.5.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS

Se utilizó la metodología reportado por Singleton y Rossi (1965) citado por Calsin, (2007), el cual se basa en la cuantificación espectrofotométría del complejo coloreado formado por la reacción entre los compuestos fenólicos y el reactivo Folin - Cicocalteau. El procedimiento es el siguiente:

Se prepararon soluciones de carbonato de sodio y de Folin - Cicocalteau 1N.

Para cuantificar los compuestos fenólicos totales se depositó en tubos de prueba de 500µl de los extractos obtenidos, a ello se le añade 250 µl del reactivo Folin – Cicocalteau 1N y se adiciono 1250 µl de la solución de carbonato de sodio, se homogenizo el conjunto y se deja reposar por 30 minutos a temperatura ambiente, luego se realiza la lectura a la longitud de onda de 755nm. Paralelamente se prepara un blanco con etanol en lugar de extracto y se trabaja bajo las mismas condiciones, el blanco sirve para llevar a cero el espectrofotómetro.

Se determinó la concentración del ácido gálico a 725 nm usando una curva estándar. Los resultados se expresan como mg. Ácido gálico/100g de Quinoa.

La ecuación para la cuantificación de compuestos fenólicos fue la siguiente:

$$Y = 0.0345 x Abs - 0.0018$$

Donde Y, es el contenido en mg ácido gálico/mL

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

$$mg. \text{ácido} \frac{gálico}{100g} = ((0.0345 x Abs) - 0.0018) x Fd x A x 100$$

Dónde:

Abs : Absorbancia de la muestra medidas a 755nm

Fd : Factor de dilución

A : Volumen (mL) de solvente utilizado + peso de la muestra (g.)/peso de la muestra (g.)

3.5.3. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

La determinación del contenido de humedad, materia grasa, carbohidratos, fibra, ceniza, proteína se realizó de acuerdo a los métodos citados por AOAC (1995).

3.5.3.1. Determinación de Humedad

La determinación de humedad se hizo siguiendo el método gravimétrico por la pérdida de peso de la muestra al someterse a calentamiento en estufa en condiciones determinadas, hasta peso constante, método 925.23 de la AOAC (1995). Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P1-P2)}{P} * 100$$

Donde:

P1= Peso inicial.

P2= Peso final.

3.5.3.2. Determinación de Cenizas

Según el método 942.05 de la AOAC (1995). Para la determinación de cenizas se utilizara el método gravimétrico, basado en la incineración de la materia orgánica y obtención de residuos a una temperatura de 600°C, hasta peso constante. Cuya fórmula es la siguiente:

$$\% \text{Ceniza} = \frac{\text{peso de ceniza} * 100}{\text{peso de la muestra}}$$

3.5.3.3. Determinación de Grasa

Según el método 961.15 de la AOAC (1995). La determinación de grasa se realizara por el método de Soxhlet, de extracción de grasas, para lo cual se hidrolizara la muestra con ácido clorhídrico diluido. La masa obtenida conteniendo las materias grasas se extraerá con el éter, el solvente se evaporara y el residuo se pesara. Cuya fórmula es la siguiente:

$$\% \text{Grasa} = \frac{(\text{peso d mat. con grasa} - \text{peso matraz vacio}) * 100}{\text{peso de la muestra}}$$

3.5.3.4. Determinación de fibra cruda

Según el método 962.09 de la AOAC (1995), la muestra exenta de grasa se trata con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio de concentraciones conocidas. El residuo se separa por filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble, determinado posteriormente su pérdida de masa por calcinación a 550°C. Cuya fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ de Fibra} = \frac{(M1-Mf)-M2}{M} * 100$$

3.5.3.5. Determinación de Proteína total

Para la determinación de proteínas se realizara con el método de la transformación de los compuestos nitrogenados presentes en la muestra, en amonio por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de oxidantes. La determinación consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración.

Digestión:

Se pesa 0.25 g de muestra solida luego se introduce la muestra en el balón kjeldahl de 100ml, se agrega 5ml de ácido sulfúrico concentrado al matraz, agregar aproximadamente 1g de catalizador de sulfato de cobre, sulfato de potasio y selenato de sodio luego colocar los matraces en el equipo digestor kjeldalh y activar el extractor de gases, esperar la digestión aproximadamente 30 minutos para luego desactivar y enfriar por un tiempo de 30 minutos.

Destilación.

Se retira el balón del calentador y dejar enfriar, la muestra digerida se traslada a un balón de 250 ml con 25 ml de agua destilada luego se agrega 15 ml de hidróxido de sodio al 50 %, por otra parte preparar en un Erlenmeyer de 250 ml; verter 5 ml de ácido bórico al 4% al que se le agrega el indicador del pH de 3 a 5 gotas, al mezclarse con el ácido bórico y

el indicador de una coloración roja, se conecta el equipo de destilación , para destilar el balón del digestor, durante 10 a 15 minutos, hasta que el matraz receptor tome una coloración verdusca y un contenido de líquido de 25 ml aproximadamente y activar el sistema refrigerante de agua en el equipo.

Titulación y valoración.

Titular con HCl al 0.05N valorado, la titulación termina, cuando vira de rojo a verde. Calcular el porcentaje de nitrógeno con la siguiente expresión:

$$\%Proteina = \frac{V * N * meqN * 100}{Peso\ de\ la\ muestra} * 6.25$$

Dónde:

V = volumen de gasto del ácido clorhídrico

N = normalidad del acido

Meq = mili equivalente 14/1000

6.25 = factor, relación nitrógeno-proteína 100/16

3.5.3.6. Determinación de carbohidratos

Por la suma de los otros componentes y la diferencia de 100.

3.6. UNIDADES DE ANALISIS Y OBSERVACIONES

3.6.1. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE QUINUA

3.6.1.1. Variables de estudio

Variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)

- Variedad Pasankalla

- Variedad Negra Collana

3.6.1.2. Variables de respuesta

- Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalente/g}$)
- Compuestos fenólicos ($\text{mg ácido gálico /100g.b.s}$)
- Humedad (%)
- Grasa (%)
- Ceniza (%)
- Proteína (%)
- Carbohidrato (%)
- Fibra (%)

3.6.2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES EN LA QUINUA TRANSFORMADA

Se evaluó el contenido de capacidad antioxidante compuestos fenólicos totales como variables de respuesta, de dos variedades de quinua sometidas a tres procesos de germinación, usando un diseño completamente al azar de 2A x 4B donde los niveles de factor A fueron:

Niveles del factor A

- Variedad Pasankalla
- Variedad Negra Collana

Niveles del factor B

- Sin Proceso
- Expandido
- Laminado

- Extruido

3.6.3. EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL EN LA QUINUA TRANSFORMADA

Se evaluó el contenido de la composición proximal (humedad, cenizas, proteínas, grasa y carbohidratos) como variables de respuesta, de dos variedades de quinua sometidas a tres procesos de germinación, usando un diseño completamente al azar de 2A x 4B donde los niveles de factor A fueron:

Niveles del factor A

- Variedad Pasankalla
- Variedad Negra Collana

Niveles del factor B

- Sin Proceso
- Expandido
- Laminado
- Extruido

3.7. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un 95% de significancia y el test de tukey ($P \geq 0.05$) para determinar las posibles diferencias entre los tratamientos. Se trabajó con un software estadístico.

Para procesar los datos obtenidos durante esta investigación se aplicó el diseño estadístico completamente al azar (DCA) como se detalla a continuación:

El modelo lineal bajo el diseño completo al azar. (Ibáñez, 2009):

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

$i = 1, 2$ niveles de variedades (Pasankalla y Negra Collana)

$j = 1, 2, 3, 4$ (Tipo de proceso)

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

Donde.

Y_{ijkl} = Es la variable de respuesta de la k -ésima observación bajo el j -ésimo nivel de factor

B, sujeto al i -ésimo nivel de tratamiento A.

μ = Constante de la población del i -ésimo nivel del factor A.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A. (Pasankalla y Negra Collana)

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor B (Sin proceso, expandido, laminado y extruido)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A, con el j -ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Efecto del error experimental, que está distribuido como $\varepsilon_{ijkl} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$

Para la recolección de datos se utilizó el formato mostrado en la tabla 6. Donde se registraron todos los datos experimentales para cada variable de respuesta.

Tabla 6. Formato para recolección de datos

VARIEDAD	Tipo de Proceso	REPETICIONES	
<i>(Chenopodium quinoa Willd.)</i>	SIN PROCESO		
	SIN PROCESO		
	SIN PROCESO		
	EXPANDIDO		
	EXPANDIDO		
	PASANKALLA	EXPANDIDO	
	LAMINADO		
	LAMINADO		
	LAMINADO		
	EXTRUIDO		
NEGRA COLLANA	EXTRUIDO		
	EXTRUIDO		
	EXTRUIDO		
	SIN PROCESO		
	SIN PROCESO		
	SIN PROCESO		
	EXPANDIDO		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En la Tabla 7 se muestra los resultados del contenido de Capacidad Antioxidante ($\mu\text{Mol. Trolox eq/g m.s}$) para las dos variedades de quinua (Pasankalla y Negra Collana) el cual es el promedio de tres repeticiones y la desviación estándar. En el Anexo 1 y 3 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 7. Contenido de Capacidad antioxidante del grano de quinua

Variedad	Capacidad antioxidante
	($\mu\text{Mol. Trolox eq./g m.s}$) ($X\pm S$)
PASANKALLA	12.12 \pm 1.36
NEGRA COLLANA	27.94 \pm 2.08

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015).

De los resultados obtenidos podemos observar que se encuentra dentro el rango hallado por Repo-Carrasco (2008) (117.49-2400.55 $\mu\text{g. Trolox eq/g ms}$) para 15 variedades de quinua. La variedad Pasankalla presento un mayor contenido de capacidad antioxidante (12.12 $\mu\text{Mol. Trolox eq. /g m.s}$), lo cual se encuentra muy cercano a lo obtenido por (Repo-Carrasco *et al.*, 2011) la cual es de 10.44 a 10.53 $\text{mMol trolox eq/g ms}$. No obstante la variedad Negra Collana presento mayor contenido capacidad antioxidante (27.94 $\mu\text{Mol. Trolox eq/g m.s}$), en comparación con lo que Repo-Carrasco (2008) reporta que la variedad Kcoyto presenta (1512.37 $\mu\text{g. Trolox eq./g m.s}$), ya que esta variedad es parecida a la variedad Negra Collana es mayor, esto es concordante con lo reportado por Solomón *et*

al. (2007) afirma que la capacidad antioxidante se debe a la pigmentación, ya que en el caso de algunos frutos se presenta mayor actividad cuando tienen coloraciones oscuras; (Abderrahim *et al.*, 2012) además las semillas de quinua de colores del altiplano peruano son una rica fuente de compuestos fenólicos libres con una capacidad antioxidante muy alta lo que confirma que la quinua cultivada bajo condiciones extremas en la región del altiplano es una fuente natural de los ingredientes alimentarios funcionales.

4.1.2. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

El contenido de los compuestos fenólicos totales estudiadas de dos variedades de quinua se representa en la Tabla 8 muestra el contenido de la compuestos fenólicos para las dos variedades observándose que la variedad Negra Collana contiene más polifenoles Pasankalla. En el Anexo 1 y 3 se muestra los valores obtenidos.

Tabla 8. Contenido de Compuestos fenólicos totales del grano de quinua

Variedad	Compuestos fenólicos (mg. Ácido gálico/100 g m.s) ($\bar{X} \pm S$)
PASANKALLA	55.83 \pm 3.19
NEGRA COLLANA	78.85 \pm 2.46

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Los compuestos fenólicos totales son considerados para llevar muchos efectos beneficiosos potenciales para la salud y por ello es de gran importancia e interés para conocer en términos cuantitativos.

De los resultados obtenidos podemos observar que el contenido de compuestos fenólicos totales para la variedad Pasankalla (55.83 mg. ácido gálico/100g ms) y Negra

Collana (78.85 mg. ácido gálico/100g ms); se encuentra dentro el rango hallado por Repo-Carrasco (2008) para 15 variedades de quinua (35.29-139.94 mg. ácido gálico/100 g ms); así mismo el contenido de compuestos fenólicos totales para la variedad Pasankalla presento un mayor contenido de compuestos fenólicos totales (55.83 mg. ácido gálico/100g ms), en comparación con lo reportado por Repo-Carrasco (2008) (53.78mg. ácido gálico/100g ms) y Repo-Carrasco (2011) reporta un mayor contenido (76.79mg. ácido gálico/100g); la variedad Negra Collana presento mayor contenido de compuestos fenólicos totales (78.85 mg. ácido gálico/100g ms), en comparación con lo que Repo-Carrasco (2008) reporta que la variedad Kcoyto presenta (77.19mg. ácido gálico/100g ms), esta variedad es parecida a la variedad Negra Collana; Bressani (1993), menciona que el contenido de compuestos fenólicos varía de acuerdo a la coloración de la cascara; encontrando en sus análisis de frijoles marrones, negros, rojos y blancos, valores de 7.8; 6.6; y 2.4 mg/g de equivalentes de catequina, respectivamente; por lo que las diferencias de contenido de polifenoles totales en cada variedad de quinua analizada también están relacionadas con su color.

4.1.3. COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL GRANO DE QUINUA

En la Tabla 9 se muestra el promedio y la desviación estándar de los resultados de la composición proximal (humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra y carbohidrato) expresados en % para dos variedades de quinua (Pasankalla y Negra Collana). Todos los resultados se encuentran representados en el Anexo 2 y 4.

Tabla 9. Composición proximal del grano de quinua

Componente	PASANKALLA	NEGRA COLLANA
	Porcentaje (b.h) ($\bar{X} \pm S$)	Porcentaje (b.h) ($\bar{X} \pm S$)
% Humedad	8.08 \pm 0.01	13.84 \pm 0.00
% Ceniza	4.61 \pm 0.09	3.41 \pm 0.05
% Grasa	6.30 \pm 0.01	6.72 \pm 0.03
% Proteína	13.39 \pm 0.11	15.06 \pm 0.01
% Fibra	4.30 \pm 0.02	4.93 \pm 0.08
% Carbohidrato	61.65 \pm 0.13	57.72 \pm 0.05

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

El contenido de humedad obtenido de la variedad Pasankalla fue de 8.08% y la humedad que obtuvo Repo-Carrasco (2008) para esta variedad fue de 9.74% y la variedad Negra Collana obtuvo un contenido de humedad 13.84%; De la Riva (2010) obtuvo para la Cañihua variedad Salcedo Inia fue de 11.24%, el resultado obtenido se encuentra por debajo de estos dos resultados. La humedad según la FAO (1995) del grano debe alcanzar la humedad comercial (12–14%), ya que si contiene mucha humedad pueden originar fermentaciones que desmejoran la calidad del producto y al respecto Nieto, 1984 (citado por De la Riva, 2010) afirma que el contenido de humedad promedio del grano de quinua es de 12%, el cual es una ventaja para su conservación; la diferencia de humedad entre variedades es diferente esto se debe posiblemente a que se encontraban almacenados en diferentes condiciones.

El contenido de ceniza de la variedad Pasankalla fue de 4.61% en la investigación lo cual indica que es superior al valor reportado por Repo-Carrasco (2008) que fue de 3.25%; para la variedad Negra Collana fue de 3.41%. De la Riva (2010) obtuvo un contenido de ceniza para la variedad salcedo INIA de 2.42% y la FAO (1970) indica que la variedad

salcedo INIA tienen un contenido de 2.36%, por su parte Suzanne (2009) menciona que el contenido cenizas representa el contenido total de los elementos inorgánicos en los alimentos. Los granos de quinua contienen considerables cantidades de calcio, magnesio, hierro y zinc en comparación a las semillas de cereales tradicionales (Repo-Carrasco y col., 2003). Se ha mencionado que las variaciones en el contenido de minerales dentro de una especie se debe a la influencia de las condiciones medioambientales durante el desarrollo de la planta y maduración de la semilla, especialmente a la disponibilidad mineral del suelo (Alvarez *et al.*, 2009).

El contenido de grasa para la variedad Pasankalla fue de 6.30%, es inferior al valor reportado por Repo-Carrasco (2008) que fue de 7.05%; para la variedad Negra Collana fue de 6.72%. Posiblemente se debe a que son diferentes variedades. La variedad Negra Collana contiene mayor contenido de grasa probablemente a que el grano de quinua posee un contenido de lípidos relativamente alto por lo que se puede considerar como buena fuente de este nutriente. Posee además un alto porcentaje de ácido oleico, linoleico y linolenico, siendo los dos últimos esenciales.

El contenido de proteína para la variedad Pasankalla fue de 13.39%, comparado con reportado por Repo-Carrasco, (2008) fue de 14.09%; para la variedad Negra Collana fue de 15.06%. La diferencia puede deberse a factores de cultivo, suelo, entre otros. Según Mazza (2000) el contenido de proteína total de las semillas de quinua varía entre 11.0 y 15%, ubicándose en un lugar privilegiado en el contenido de proteína respecto al arroz (8.5%) y el maíz (10.3%). En análisis realizados por la FAO, (2001) en un estudio de 120 líneas de quinua halló un promedio de 12% de proteína cruda, con un rango de 10-17%. Como se observa en los resultados de esta investigación las dos variedades se encuentran dentro de

estos valores. La variedad Negra Collana posee mayor contenido de proteína al respecto Pino, (1998) afirma que esto se debe a que la cantidad de proteína varía de acuerdo a las labores culturales, fecha en que se realiza la siembra y variedad del grano, estudios demuestran que el porcentaje de proteína en la semilla aumenta al existir una menor cantidad de almidón, el que es acumulado según la fecha en que se siembre el grano debido a factores climáticos, y además se sabe que, al aumentar la temperatura ambiental en los cultivos disminuye la tasa de síntesis proteica.

El contenido de fibra para la variedad Pasankalla fue de 4.30% lo cual indica que es superior al valor reportado por Repo-Carrasco, (2008) que fue 2.86%; para la variedad Negra Collana fue 4.93%, y se encuentra dentro del rango (1.22-4.78%) reportado por Latinreco, (1990) ya que el difiere de los resultados obtenidos varían probablemente por la variedad.

El contenido de carbohidratos para la variedad Pasankalla fue de 61.65% lo cual indica que es menor al valor reportado por Repo-Carrasco (2008) que fue de 72.75%; para la variedad Negra Collana fue de 57.72%, lo resultados obtenidos se encuentran dentro del rango (53.24-67.17%) reportado por Latinreco, (1990) en ambas variedades.

4.2. CONPOSICIÓN DE LA QUINUA PROCESADA (EXPANDIDO, LAMINADO Y EXTRUIDO)

La evaluación del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del expandido, laminado y extruido de quinua es la siguiente:

4.2.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En la Tabla 10 se muestra el efecto del tipo de proceso en el contenido de capacidad antioxidante de dos variedades de quinua donde se puede observar que ambas variedades tienen diferente contenido de capacidad antioxidante y su comportamiento al ser sometida a diferentes procesos varia. Los valores iniciales para la capacidad antioxidante (12.12 y 27.94 $\mu\text{Mol. Trolox eq./g ms}$ en las variedades Pasankalla y Negra Collana respectivamente) incrementan al ser sometidas al proceso de expansión y extrusión.

Tabla 10. Efecto del tipo de proceso de capacidad antioxidante de dos variedades de quinua

Tipo de proceso	Capacidad Antioxidante ($\mu\text{Mol. Trolox eq./g ms}$) ($X \pm S$)			
	Sin Proceso	Expandido	Laminado	Extruido
Pasankalla	12.12 \pm 1.36	24.41 \pm 1.30	14.19 \pm 1.59	25.60 \pm 1.31
Negra Collana	27.94 \pm 2.08	34.55 \pm 1.25	27.92 \pm 1.56	39.00 \pm 0.94

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

De los resultados obtenidos se tiene que la capacidad antioxidante del extruido de quinua Pasankalla fue de 25.60 $\mu\text{Mol. Trolox eq./g ms}$ mientras que en el expandido fue de 24.41 $\mu\text{Mol. Trolox eq./g ms}$ y el laminado es fue 14.19 $\mu\text{Mol. Trolox eq./g ms}$; asimismo

el extruido quinua Negra Collana fue de 39.00 μMol . Trolox eq./g ms mientras que el expandido fue de 34.55 μMol . Trolox eq./g ms y el laminado fue 27.92 μMol . Trolox eq./g ms. Por lo tanto se sostiene que la capacidad antioxidante de la quinua ante un proceso de extrusión, expansión y laminado en la variedad Pasankalla y Negra Collana ocasiona un incremento.

Sin embargo de acuerdo al análisis estadístico ANVA (Anexo 5) se puede afirmar que el contenido de capacidad antioxidante indica que existe diferencia altamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de capacidad antioxidante. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso. Por lo tanto, el mejor tratamiento en cuanto al contenido de capacidad antioxidante que se obtuvo como mejor resultado es la variedad Negra Collana en el tipo de proceso de Extruido, tal como se muestra en la Figura 6. Todos los resultados primarios se encuentran en el Anexo 1 y 2. El comportamiento de la capacidad antioxidante en el proceso de expandido por explosión se asemeja al comportamiento de polifenoles totales del mismo proceso ya que existe una fuerte correlación entre el contenido de polifenoles totales de los pseudocereales y la actividad antioxidante. (Pas'ko 2009 citado por Tacora *et al.*, 2010). Este incremento se debe probablemente a que en la extrusión, expansión y laminados se utiliza temperaturas altas, altas presiones en tiempos breves (Pokorny et al., 2005) mientras que recientes estudios llevados a cabo en tomate, café y té mostraron que un prolongado tiempo de calentamiento aumenta la capacidad antioxidante de estos alimentos induciendo

la formación de componentes con esta actividad por ejemplo productos de la reacción de Maillard. (Arena, *et al.*, 2001).

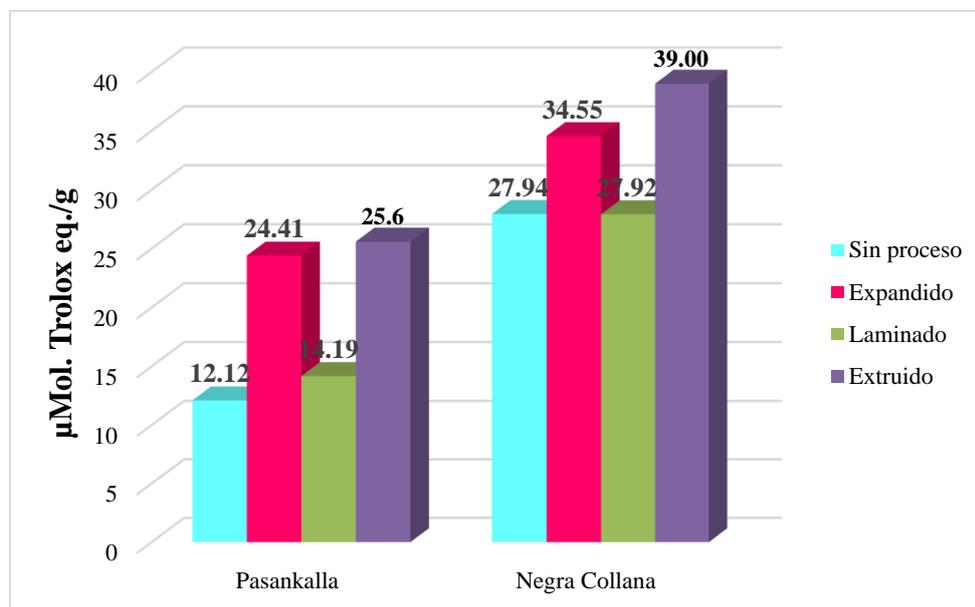


Figura 5. Efecto de los procesos de transformación en el contenido de capacidad antioxidante de quinua

Además la actividad antioxidante de los productos de la reacción de Maillard puede ser principalmente atribuido al alto peso molecular de los compuestos pardos, los cuales se va formando cuando avanza la reacción (Kaur *et al.*, 2001), observa que un decrecimiento en el potencial antioxidante fue encontrado para tratamientos de calor corto, una mejoría de estas propiedades fue encontrado durante tratamientos de calor prolongado.

Llo *et al.*, (2000), encontró un incremento de garbanzos extruidos de 9.9 a 12.2% en la capacidad antioxidante. Sarawong, (2013) menciona que evaluó el efecto de la extrusión sobre las capacidades antioxidantes en la harina de plátano verde lo cual indica que la capacidad antioxidante mostro una correlación positiva y significativa (2.99 mmol TEAC/100g ms). Singleton (1999), menciona que los cambios en las sustancias

antioxidantes ocurren durante la Cocción-extrusión por que la temperatura favorece la degradación de los antioxidantes presentes; mientras otros antioxidantes que formados debido a la reacción de Maillard en presencia de azúcares reductores por lo que debe seleccionarse una temperatura adecuada.

Zapata, (2015) menciona que durante el tratamiento térmico, se producen compuestos derivados de las reacciones entre azúcares reductores y aminoácidos, conocidas comúnmente como las reacciones de Maillard o pardeamiento no enzimático. Además, la capacidad antioxidante puede incrementarse por el desarrollo de nuevos compuestos con potencial antioxidante. Estos compuestos son producto de las reacciones de Maillard, en particular, melanoidinas; que son responsables de la actividad atrapadora de radicales libre.

4.2.2. COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

En la Tabla 11 donde se muestra el efecto del tipo de proceso en el contenido de compuestos fenolicos totales de dos variedades de quinua, el cual es promedio de tres repeticiones y la desviación estándar; donde se observa que incrementa con respecto al contenido de compuestos fenólicos totales en el grano de quinua no procesada tanto en la variedad Pasankalla (55.83 mg. Ácido gálico/100 g ms) como en la variedad Negra Collana (78.85 mg. Ácido gálico/100 g ms) tales resultados nos indican que en los procesos de expansión por explosión y extrusión influyen positivamente en el contenido de compuestos fenólicos totales de la quinua.

Tabla 11. Efecto del tipo de proceso en el contenido de compuestos fenolicos totales de dos variedades de quinua

Compuestos fenólicos				
(mg. Ácido gálico/100 g ms)				
(X±S)				
Tipo de proceso	Sin Proceso	Expandido	Laminado	Extruido
Pasankalla	55.83±3.19	65.37±2.19	55.51±1.68	70.54±2.61
Negra Collana	78.85±2.46	83.42±4.50	79.41±1.53	86.18±3.83

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

De los resultados obtenidos se tiene que la capacidad antioxidante del extruido de quinua Pasankalla fue de 70.54 mg. Ácido gálico/100 g ms mientras que en el expandido fue de 65.37 mg. Ácido gálico/100 g ms y el laminado es fue 55.51 mg. Ácido gálico/100 g ms; asimismo el extruido quinua Negra Collana fue de 86.18 mg. Ácido gálico/100 g ms mientras que el expandido fue de 83.42 mg. Ácido gálico/100 g ms y el laminado fue 79.41 mg. Ácido gálico/100 g ms. Por lo tanto se sostiene que la capacidad antioxidante de la

quinua ante un proceso de extrusión, expansión y laminado en la variedad Pasankalla y Negra Collana. Por lo tanto se sostiene que el contenido de compuestos fenólicos de la quinua ante la extrusión en la variedad Pasankalla incrementa en 26%, mientras que en el expandido en 17% y en el laminado disminuye en 0.5%, así mismo la variedad Negra Collana incremento un 9% en extruidos, mientras que en expandidos en 6% y en laminados en un 0.7%. Lo que indica que en el proceso de extrusión y expandidos incrementa en un mayor porcentaje su contenido de compuestos fenólicos.

Sin embargo de acuerdo al análisis estadístico ANVA (Anexo 7) se puede afirmar que el contenido de compuestos fenólicos indica que existe diferencia altamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de compuestos fenólicos. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso. Por lo tanto, el mejor tratamiento en cuanto al contenido de compuestos fenólicos que se obtuvo como mejor resultado es la variedad Negra Collana en el tipo de proceso de Extrusión, tal como se muestra en la Figura 6. Todos los resultados primarios se encuentran en el Anexo 1 y 2.

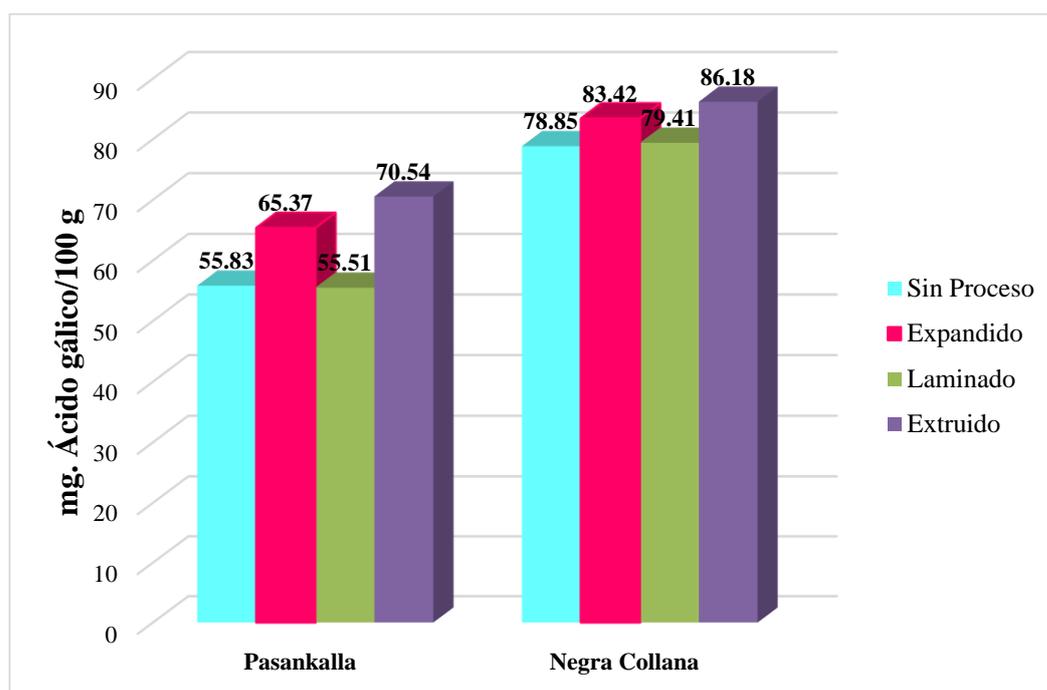


Figura 6. Efecto de los procesos de transformación en el contenido de compuestos fenolicos totales de quinua

Por su parte Tacora, (2010) obtuvo como resultado del proceso de expansión por explosión el incremento el contenido de polifenoles totales en las variedades de cañihua Cupi y Illpa Inia (109.29 y 87.35 mg. ácido gálico/100g ms) respectivamente y fueron aumentando a medida que las presiones aumentaron; el proceso de expandido por explosión influyen positivamente en el contenido de compuestos fenólicos de la quinua, esto debido a que la reacción de Maillard formado como consecuencia del tratamiento de calor intenso, generalmente exhibe fuertes propiedades antioxidantes rompiendo la cadena y la actividad secuestrante del oxígeno y recientes investigaciones sugieren que los productos de la reacción de Maillard formados como consecuencia del tratamiento de calor intenso o almacenamiento prolongado, generalmente exhiben fuertes propiedades antioxidantes, rompiendo la cadena y la actividad secuestrante del oxígeno (Kaur *et al.*, (2001); además los antioxidantes fenólicos en semillas de quinua pueden estar presentes en forma libre,

pero también como forma ligada unida a las estructuras de la pared celular (Abderrahim *et al.*, 2012); sin embargo Sharma, (2012) menciona que los compuestos fenólicos son menos resistentes al calor y calefacción durante 80°C puede destruir o alterar sus propiedades naturales. La reducción de fenoles totales puede atribuirse o bien a la descomposición de compuestos fenólicos en virtud de la alta temperatura de extrusión o la estructura de molecular de compuestos fenólicos que pueden conducir a la reducción en la reactividad química de los compuestos fenólicos.

4.3. EFECTO DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN EN LA COMPOSICIÓN PROXIMAL

En la composición proximal de la quinua procesada en ambas variedades se muestra en la Tabla 12 y 13 donde se puede observar que al ser sometidas a los tres procesos (expansión, laminado y extrusión) hay una disminución donde se obtuvo una humedad en el rango de 6.51 a 7.44%, donde se muestra claramente que hay una reducción en comparación con lo obtenido del grano sin procesar (8.08%) en la variedad Pasankalla y 6.73 a 11.11% presentando también una disminución a lo obtenido con el grano variedad Negra Collana que fue de 13.84%; por su parte Egas, (2010) reporto un contenido de humedad (4.15 y 6.27%) de expandido de las variedades INIAP- Tunkahuan; donde Sucari, (2003) reporto un contenido de humedad para las variedades de cañihua Ramis y Cupi (6.48 – 6.78%) y Tacora, (2010) reporto que la muestra que la cañihua al ser sometida al proceso de expansión redujo su humedad de 8.26% y 7.50% a 3.67% a 3.70% en las variedades de Illpa Inia y Cupi; por su parte Repo-Carrasco, (1993) obtuvo un contenido de humedad de 6.33% en quinua extruida; INDECOPI, (2013) menciona que el contenido de humedad para hojuelas o laminados de quinua (máximo 13.5%); el bajo contenido de

humedad se debe a la liberación de agua del grano por efecto de la influencia del calor y la presión producida durante el proceso de expansión. debido a la elevada presión y temperatura a la que se realiza el proceso. El análisis de varianza (anexo 8) indica que existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de humedad. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso.

Tabla 12. Efecto del tipo de proceso en la composición proximal de la variedad Pasankalla

Análisis Proximal (b.h)				
(X±S)				
Tipo de proceso	Sin Proceso	Expandido	Laminado	Extruido
Humedad (%)	8.08±0.01	6.91±0.01	7.44±0.01	6.51±0.01
Ceniza (%)	4.61±0.09	2.29±0.02	2.11±0.02	3.19±0.02
Grasa (%)	6.30±0.02	3.81±0.02	5.72±0.01	4.96±0.01
Proteína (%)	13.39±0.11	9.21±0.01	13.48±0.02	9.72±0.00
Fibra (%)	4.30±0.02	1.98±0.03	2.89±0.07	3.82±0.03
Carbohidratos (%)	63.33±0.20	75.8±0.04	68.37±0.11	71.81±0.03

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

Los valores de ceniza (Tabla 12 y 13) se vieron afectados por los tres procesos (expansión, laminado y extrusión), donde se observa que en el proceso de expansión en las dos variedades está en un rango (2.07-4.07%), donde Egas, (2010) reporto un contenido de cenizas (2,51-2,14%) de expandido de las variedades de quinua INIAP- Tunkahuan; por su

parte Sucari, (2003) reporto un contenido de ceniza para las variedades de cañihua Ramis y Cupi (1.35-1-20%) y Tacora, (2010) reporto un contenido de ceniza (5.34%) en la variedad de cañihua Illpa Inia con una presión de 160lb/pulg², deduciéndose que en la cáscara del grano se localizan minerales importantes, los cuales se pierden junto con la fibra durante el proceso; INDECOPI, (2013) donde se tiene que la ceniza para hojuelas o laminados de quinua (máximo 3.5%). El análisis de varianza (Anexo 9) del contenido de ceniza indica que existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de ceniza. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso.

El contenido de grasa existió una disminución en ambas variedades; en el proceso de expandido en las dos variedades está en un rango (3.81-6.05%), donde Sucari, (2003) reporto un contenido de grasa para las variedades de cañihua Ramis y Cupi (6.44-5.76%) y por su parte Tacora, (2010) reporto contenido de grasa (5.96%) en la variedad de cañihua Illpa Inia con una presión de 160lb/pulg²; en el proceso de laminado en las dos variedades está en un rango (2.10-2.14%); al respecto INDECOPI, (2013) menciona que la grasa para hojuelas o laminados de quinua (mínimo 4%); en el proceso de extrusión de las dos variedades está en un rango (3.37-4.96%), donde Repo-Carrasco, (1993) obtuvo un contenido de grasa de 2.53%. Tacora, (2010) menciona que esto podría ser a consecuencia de la volatilización de algunos ácidos grasos debido a las altas temperaturas. El análisis de varianza (Anexo 10) del contenido de grasa indica que existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica

que estos factores influyen en el contenido de grasa. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso.

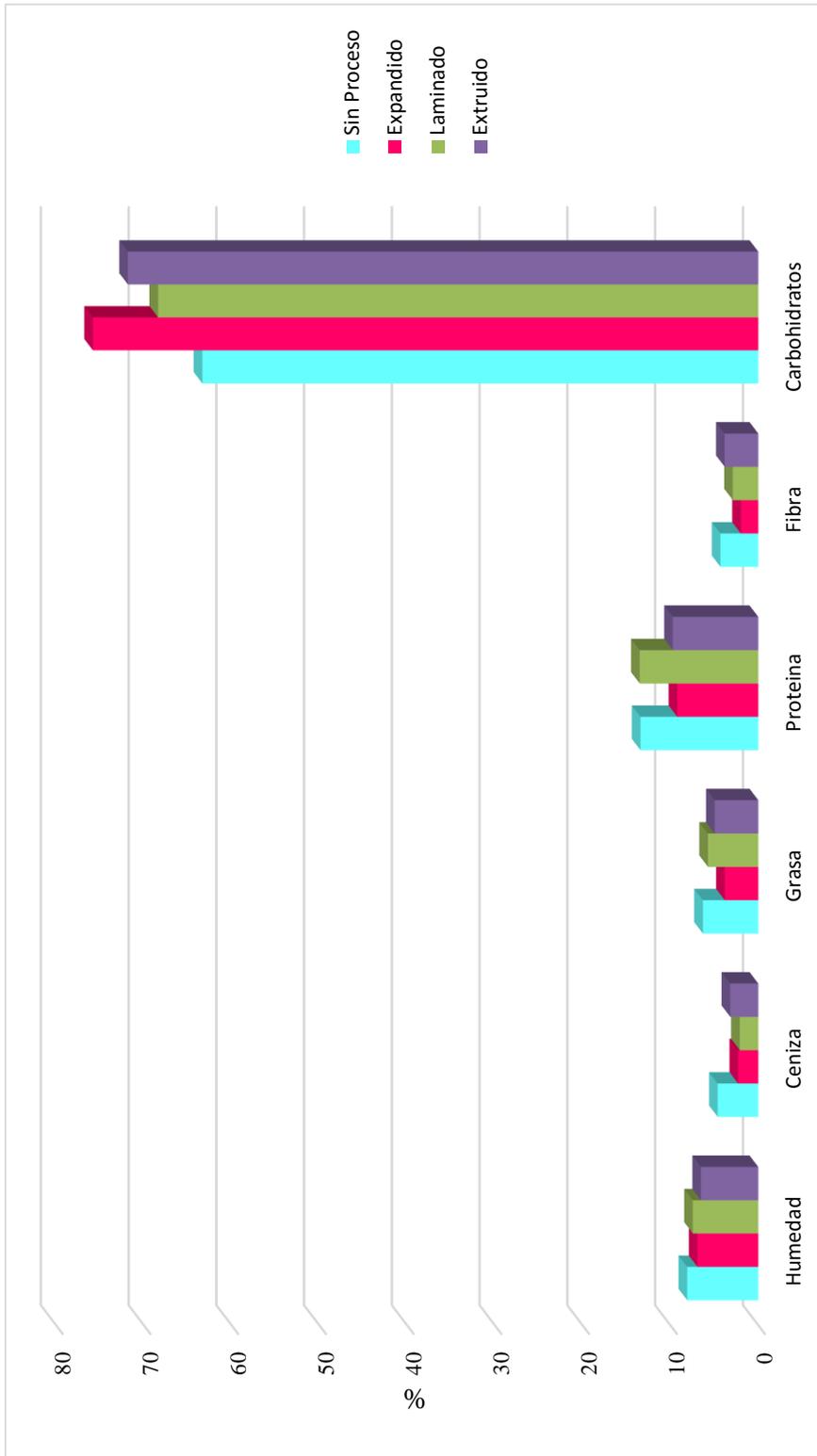


Figura 7. Efecto de los procesos de transformación en la composición proximal de quinua variedad Pasankalla

Con respecto a la proteína las dos variedades estudiadas han tenido comportamientos similares, disminuyendo su porcentaje inicial (13.39% en Pasankalla y 15.06% en Negra Collana) al ser sometida a los tres procesos (expansión, laminados y extrusión) tal como se muestra en la Figura 7 y 8, en el proceso de expandido en las dos variedades se encuentran en un rango (9.21-10.23%), donde Sucari (2003) reporto un contenido de proteína para las variedades de cañihua Ramis y Cupi (9.76-10.05%), INDECOPI, (2013) donde se tiene que la proteína para hojuelas o laminados de quinua (mínimo 10%), por su parte Repo-Carrasco, (1993) obtuvo un contenido de proteína de 12.51%. en quinua extruida; con respecto Tacora, (2010) reporto que el contenido de proteína disminuye a ser sometidas a altas presiones esto se debe probablemente a que temperaturas próximas a 100°C, inducen a la desnaturalización de la proteína; con el concurso de azúcares reductores como la glucosa, galactosa, fructosa y xilosa puede ocurrir la reacción de Maillard (Cléale *et al.*, 1987). El análisis de varianza (Anexo 11) del contenido de proteína indica que existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de proteína. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso.

Tabla 13. Efecto del tipo de proceso en la composición proximal de la variedad Negra Collana

Tipo de proceso	Análisis Proximal (b.h)			
	(X±S)			
	Sin Proceso	Expandido	Laminado	Extruido
Humedad (%)	13.84±0.00	6.73±0.01	11.11±0.01	6.78±0.02
Ceniza (%)	3.41±0.05	2.31±0.04	2.11±0.02	3.06±0.04
Grasa (%)	6.72±0.03	4.50±0.02	6.66±0.01	4.62±0.01
Proteína (%)	15.06±0.01	10.29±0.08	12.83±0.01	9.28±0.11
Fibra (%)	4.93±0.08	2.06±0.04	3.04±0.02	4.04±0.02
Carbohidratos (%)	56.03±0.02	72.46±0.17	64.26±0.05	72.23±0.09

X: Promedio de 3 repeticiones S: Desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia (2015)

El contenido de fibra se muestra en la Tabla 12 y 13 donde se aprecia que ambas variedades tiene un comportamiento similar, disminuyendo su contenido de fibra al ser sometida a los tres procesos (expansión, laminados y extrusión) en las dos variedades está en un rango (1.86-2.06%), donde Sucari, (2003) reporto un contenido de fibra para las variedades de cañihua Ramis y Cupi (1.93-1.10%) y por su parte Tacora, (2010) reporto un contenido de fibra (6.05%) en la variedad de cañihua Illpa Inia con una presión de 160lb/pulg²; INDECOPI, (2013) donde se tiene que la fibra para hojuelas o laminados de quinua (mínimo 2%), en el proceso de extrusión de las dos variedades está en un rango (3.82-4.04%), donde Repo-Carrasco (1993) obtuvo un contenido de fibra de 1.09%. de quinua extruida. Al respecto Foster (1995), indica que la fibra es una compleja mezcla de hidratos de carbono, conocidos actualmente como polisacáridos no almidonosos (PNA), este comprende los grupos insolubles y los solubles en agua. El consumo de PNA tiene muchos efectos beneficiosos para la salud; la cantidad deseable es de 18g. por día. El análisis de varianza (Anexo 11) del contenido de fibra indica que existe diferencia

estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de fibra. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso.

La determinación de carbohidratos presentes en las variedades de quinua se hizo por diferencia y por lo tanto la disminución de la mayor parte de los componentes proximales de la quinua hace que el comportamiento de carbohidratos aumente pero el comportamiento del aumento es diferente entre las dos variedades (Figura 9 y 10) es así que en el proceso de expandido en las dos variedades está en un rango (72.46-75.8%), donde Sucari (2003) reporto un contenido de carbohidrato para las variedades de cañihua Ramis y Cupi (74.04-75.11%) y por su parte Tacora, (2010) reporto un contenido de carbohidrato (66.74%) en la variedad de cañihua Illpa Inia con una presión de 160lb/pulg², en el proceso de laminado en las dos variedades está en un rango (2.89-3.04%); INDECOPI, (2013) donde se tiene que la carbohidrato para hojuelas o laminados de quinua (mínimo 2%), en el proceso de extrusión de las dos variedades está en un rango (71.57-73.66%), donde Repo-Carrasco, (1993) obtuvo un contenido de carbohidrato de 74.12%. de quinua extruida. El análisis de varianza (Anexo 13) del contenido de carbohidrato indica que existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre los factores de estudio variedad y tipo de proceso; lo cual indica que estos factores influyen en el contenido de carbohidrato. Realizando la prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de nivel de confianza, podemos observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y tipo de proceso.

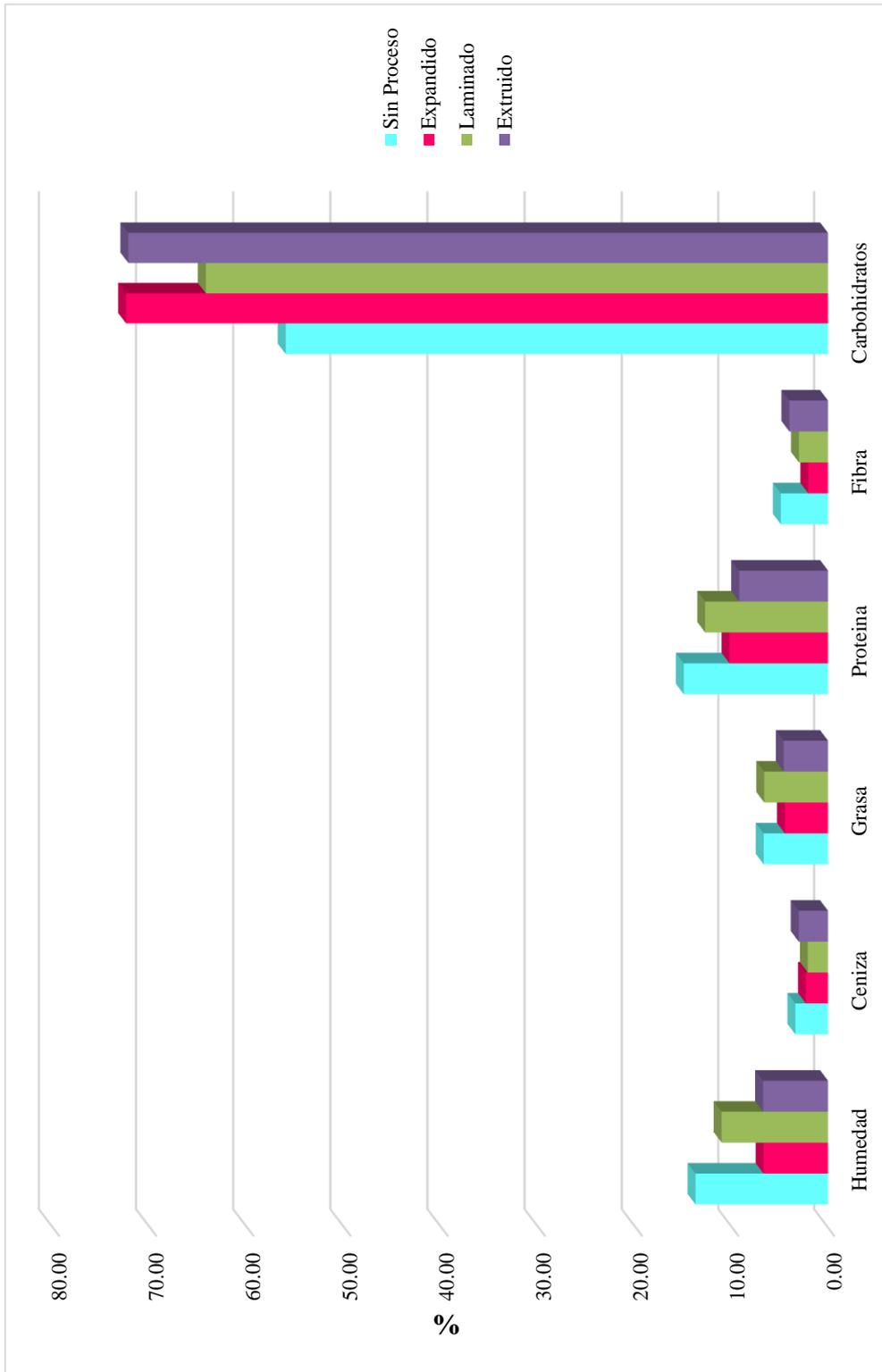


Figura 8. Efecto de los procesos de transformación en la composición proximal de quinua variedad Negra Collana

CONCLUSIONES

- La variedad Negra Collana presento mayor contenido de capacidad antioxidante, compuestos fenólicos totales y composición proximal en comparación con la variedad Pasankalla.
- El proceso de extrusión presento un mayor incremento en el contenido de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales en las variedades Pasankalla y Negra Collana, esto es debido a que son sometidas a las altas temperaturas y favorecen la degradación de los antioxidantes presentes; además la capacidad antioxidante puede incrementarse por el desarrollo de nuevos compuestos con potencial antioxidante. Estos compuestos son producto de las reacciones de Maillard, en particular, melanoidinas que son responsables de la actividad atrapadora de los radicales libres. Concluyendo así que el proceso de extrusión es beneficioso para el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.
- En los tres procesos de transformación (expansión, laminado y extrusión) en las variedades Pasankalla y Negra Collana, presento una disminución en la composición proximal: humedad, cenizas, grasa, proteína, fibra y carbohidrato; donde presento una mayor disminución en el proceso de extrusión esto se debió probablemente a que fueron sometidos a altas temperaturas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar evaluaciones de flavonoides, antocianinas y taninos en los procesos de transformación de expandidos, laminados y extruidos ya que estos son las más comerciales.
- Se recomienda realizar evaluaciones de contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y análisis proximal de otras variedades de quinua y en otros procesos de transformación.
- Se recomienda realizar estudios del contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y análisis proximal en diferentes partes de la planta de quinua tales como hoja y tallo.

BIBLIOGRAFIA

- Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Arribas, S. M., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2012). Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*, 56(2), 410-417.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Journal International of Food Sciences and Nutrition*, 60, 240-257
- Alcázar del C. J. (2002). Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias. Perú. Segunda Edición
- AOAC. 1995. Oficial Methods of Analysis. Association of Oficial Analytical Chemistry. Arlington, Va, U.S.A.
- Arena. E., F. B., y M. E. (2001). Evaluation of antioxidant capacity of blood oranges juices as influenced by constituents, concentration process and storage. *Food Chem.* 74: 423- 427.
- Armao, H. (2001). Some Methodological Problems in the Determination of Antioxidant Activity using Chomogen Radicals: a practical case. *Trend in Food Science and Technology*. (11). P. 419-431. Gran Bretaña.
- Bressani, R., (1993). Amaranthus in: Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition (Eds. Macrae, R.; R.K. Robinson and J.Sadler). Academic Press, London. 1: 135 -140.

- Calsin, C. M. (2007). Obtención extracto Antioxidantes de Mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón*) y la evaluación de su eficacia en la oxidación de aceite de soya refinada. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- De la Riva T. D. F. (2010). Compuestos bioactivos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cruda y procesada. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Dini I., T, G. C., D, A. (2009). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Food Science and Technology*. 43:447-451.
- FAO. (1995). Informe: Evaluación de calidad de granos en América Latina. Propuesta para uniformar el sistema de evaluación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- FAO, (2001). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino alimento del presente y futuro. Santiago-Chile.
- FAO. (2011). La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- Fellows, P. (1993). Tecnología del proceso de los Alimentos: Principios y Prácticas. Zaragoza - España
- Fennema, O. R. (2000). Química de los alimentos. Tercera Edición. Editorial Acirbia S.A. Zaragoza-España.

- Gajardo, R. P. I., (2005). Caracterización y determinación de la estabilidad durante el almacenamiento de las proteínas de harina de quinua orgánica sin pulir y pulida proveniente de la VI región de Chile. Para optar el título profesional de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile.
- González, S. J., M, R., y V, B. (2001). Centro de Información Cerveza y Salud.
- GTZ, IICA, INIAP, ERPE, (2001). “Manual de Producción de Quinua de Calidad en el Ecuador”.
- Hart F. L. (1991) Análisis moderno de los alimentos; Acribia. Zaragoza (España).
- Huang, D.; Ou, B.; Prior, R. L., J. (2005). Agric. Food Chem.
- INDECOPI. (2013) Norma Técnica Peruana. Granos Andinos: Hojuelas de Quinua Requisitos. Lima –Perú.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). (2008). Liberación de Nueva Variedad de Quinua INIA-420 "Negra Collana. Nota de prensa 266-2008-INIA-PW.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). (2012). Ficha técnica: QUINUA INIA 420 – NEGRA COLLANA.
- Kaur, C., & Kapoor, H. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium’s health. *International journal of food science & technology*, 36(7), 703-725.
- Latinreco S.A. (1990). Quinua hacia el cultivo comercial. Ediciones Latinreco S.A. P.206. Quito-Ecuador.
- Lopez, A., El-Naggar, T., Dueñas, M., Ortega, T., Estrella, I., hernandez, T., Carretero, E. (2013). Efecto de la coccion y la germinacion de la composicion fenolica y propiedades biologicas de los granos oscuros.

- Martinez-Valverde, L., Periago, M. J., y Ros, G (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta”. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
- Mujica, A., Izquierdo, J., y Marathee, J. (2001). Origen y descripción de la quinua. En Quinoa, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Santiago de Chile.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., Romero A., Jacobsens, E. (2006). Agroindustria de la quinua (*Chemopodium quinoa* Willd) en los países andinos. Puno-Perú.
- Padilla, F.; Rincón, A.; y Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 58 N° 303-308.
- Peñarrieta, M.; Alvarado, J.; Kesson, B. y Bergenst, B. (2007). Spectrophotometric Methods for the Measurement of total Phenolic Compounds and Total Flavonoids in Foods, Rev. Bol. Quim. 24, 5-9.
- Pino, A. (1998). Contenido de proteínas, saponinas y algunas características del almidón en semillas de quinua sembradas en diferentes fechas localidades Tesis (Ingeniero Agrónomo). Concepción, Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía
- Pokorny, J., Yanishleva, N., y Gordon, M. (2005). Antioxidantes de los Alimentos. Editorial Acribia Zaragoza. Primera Edición.
- Quintela, S. (2004). Educación: Enfoque de la Complejidad y Educación Libertadora. Ponencia presentada en el Segundo Seminario Bienal Internacional acerca de las implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la "Teoría de la Complejidad".

- Reardon, J. W. (2009). Importancia de los Antioxidantes en Nuestra Alimentación. *Food and Drug Protection Division. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services*.
- Repo-Carrasco, R. y Li Hoyos, N. (1993). Elaboración y evaluación de los alimentos infantiles con base en cultivos andinos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol: 43(2): 168-175.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., Jacobsen, S. (2003). Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19, 179-189.
- Repo-Carrasco, R. (2008). "Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*).
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128-133.
- Rice-Evans, C., M, N., y P, G. (1996). Structure Antioxidant Activity Relation ship of flavonoids and phenolic acid. *Free radical Biology & Medicine*. (20):7 P. 933-956. U.S.A.
- Rodríguez, H. 2001. Agroindustria de la quinua. Instituto Nacional de Cultivos Andinos. Oficina central del Instituto con sede en Lima-Perú.
- Roji, R. B. L. M.; Quea, J. M. L. (2012). Obtención de snack de maiz (*Zea maiz*) emriquecido con harina de quinua (*Chemopodium quinoa* Willd) y queso procesados por extrusión. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial.

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Sarawong, Ch., S, R., S, K., B, E., K, W, P. (2013). Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour.

Sharma, P., S, G, H., S. B (2012) Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*.

Solomón, A.; G, S.; Y, Z.; G, S.; B, M.; y G, H. (2007). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7717-7723.

Singleton V. L.; Orthofer R.; Lamuela-Raventos R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent. *Meth. Enzym.* P. 299, 152-178.

Tacora, C. R. L. (2010). Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Proyecto de tesis UNA-PUNO.

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388.

Wilson, H. D. (1990). Quinoa and relatives. En "Economic Botany", dado por LAGUNA Pablo, La Cadena Global de la Quinoa: un reto para la Asociación Nacional de Productores de Quinoa. P.8.

- Yamaguchi, N., Y. K y M. F. (1981). Fractionation and antioxidative activity of browning reaction products between D-xylose and glycine. *Progress in Food and Nutrition Science* 5(1–6): P. 429–439.
- Zapata B. S.; T. T. A. y A. R. B (2015). Efecto del tostado sobre los metabolitos secundarios y la actividad antioxidante de clones de cacao colombiano. Ingeniera Biológica. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias.
- Zea, C. (2011). Determinación biológica de la calidad proteica en harina de quinua extruida de la variedad Negra Collana. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante para Pasankalla

		Compuestos	Capacidad
		Fenólicos	Antioxidante
Sin proceso	R1	58.61	12.30
	R2	56.53	10.67
	R3	52.35	13.38
	PROMEDIO	55.83	12.12
	DS	3.19	1.36
Expansión	R1	65.37	23.47
	R2	67.48	23.87
	R3	63.27	25.90
	PROMEDIO	65.37	24.41
	DS	2.10	1.30
Laminados	R1	55.51	12.39
	R2	53.83	15.39
	R3	57.18	14.79
	PROMEDIO	55.51	14.19
	DS	1.68	1.59
Extrusión	R1	70.54	25.60
	R2	73.15	24.29
	R3	67.54	26.90
	PROMEDIO	70.54	25.60
	DS	2.61	1.31

Anexo 2

Resultados de análisis proximal para la quinua variedad Pasankalla

		Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra	Carbohidrato
Sin proceso	R1	8.09	4.69	6.31	13.28	4.32	63.31
	R2	8.08	4.52	6.28	13.49	4.28	63.35
	R3	8.08	4.61	6.30	13.39	4.3	63.32
	PROMEDIO	8.08	4.61	6.30	13.39	4.30	63.33
	DS	0.01	0.09	0.02	0.11	0.02	0.20
Expansión	R1	6.92	2.27	3.82	9.22	1.95	75.80
	R2	6.92	2.31	3.79	9.22	2.01	75.75
	R3	6.90	2.29	3.81	9.20	1.98	75.83
	PROMEDIO	6.91	2.29	3.81	9.21	1.98	75.80
	DS	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04
Laminados	R1	7.45	2.13	5.73	13.49	2.95	68.25
	R2	7.43	2.09	5.71	13.49	2.82	68.46
	R3	7.44	2.11	5.72	13.46	2.89	68.39
	PROMEDIO	7.44	2.11	5.72	13.48	2.89	68.37
	DS	0.01	0.02	0.01	0.02	0.07	0.11
Extrusión	R1	6.50	3.2	4.95	9.72	3.85	71.78
	R2	6.51	3.17	4.97	9.72	3.79	71.84
	R3	6.51	3.19	4.96	9.72	3.82	71.81
	PROMEDIO	6.51	3.19	4.96	9.72	3.82	71.81
	DS	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.03

Anexo 3

Resultados de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de Negra Collana

		Compuestos	Capacidad
		Fenólicos	Antioxidante
Sin proceso	R1	78.06	26.74
	R2	76.88	30.34
	R3	81.60	26.74
	PROMEDIO	78.85	27.94
	DS	2.46	2.08
Expansión	R1	82.71	33.65
	R2	86.94	35.97
	R3	80.59	34.03
	PROMEDIO	83.42	34.55
	DS	4.50	1.25
Laminados	R1	80.94	26.67
	R2	77.89	29.66
	R3	79.41	27.42
	PROMEDIO	79.41	27.92
	DS	1.53	1.56
Extrusión	R1	82.84	37.94
	R2	90.35	39.75
	R3	85.34	39.30
	PROMEDIO	86.18	39.00
	DS	3.83	0.94

Anexo 4

Resultados de análisis proximal para la quinua variedad Negra Collana

		Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra	Carbohidrato
Sin proceso	R1	13.84	3.46	6.75	15.07	5.01	55.87
	R2	13.84	3.36	6.69	15.07	4.85	56.19
	R3	13.84	3.41	6.72	15.05	4.93	56.05
	PROMEDIO	13.84	3.41	6.72	15.06	4.93	56.03
	DS	0.00	0.05	0.03	0.01	0.08	0.02
Expansión	R1	6.73	2.27	4.48	10.12	2.02	72.64
	R2	6.72	2.35	4.51	10.34	2.10	72.31
	R3	6.73	2.31	4.50	10.23	2.06	72.43
	PROMEDIO	6.73	2.31	4.50	10.29	2.06	72.46
	DS	0.01	0.04	0.02	0.08	0.04	0.17
Laminados	R1	11.12	2.13	6.65	12.82	3.06	64.22
	R2	11.10	2.09	6.66	12.82	3.02	64.31
	R3	11.11	2.11	6.66	12.84	3.04	64.24
	PROMEDIO	11.11	2.11	6.66	12.83	3.04	64.26
	DS	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.05
Extrusión	R1	6.76	3.09	4.61	9.17	4.05	72.32
	R2	6.80	3.02	4.63	9.39	4.02	72.14
	R3	6.78	3.06	4.62	9.28	4.04	72.23
	PROMEDIO	6.78	3.06	4.62	9.28	4.04	72.23
	DS	0.02	0.04	0.01	0.11	0.02	0.09

Anexo 5

Análisis de varianza para Capacidad Antioxidante de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	1086.9	1	1086.9	385.67	* *
B:Tipo de Proceso	649.122	3	216.374	76.78	* *
INTERACCIONES					
AB	26.4573	3	8.81909	3.13	n.s
RESIDUOS	45.0909	16	2.81818		

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.975054	6.504761	1.678743	25.80792

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	154.229400	154.229400	54.73	* *
EXTRUIDO	1	269.340000	269.340000	95.57	* *
LAMINADO	1	314.216067	314.216067	111.50	* *
SIN PROCESO	1	375.566817	375.566817	133.27	* *

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	245.751492	81.917164	29.07	* *
PASANKALLA	3	429.827833	143.275944	50.84	* *

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	19.0783	0.484611	X
NEGRA COLLANA	12	32.5375	0.484611	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
SIN PROCESO	6	20.0283	0.685344	X
LAMINADO	6	21.4267	0.685344	X
EXPANDIDO	6	29.48	0.685344	X
EXTRUIDO	6	32.2967	0.685344	X

Anexo 7

Análisis de varianza para Compuestos fenólicos totales de quinua cruda y procesada
(Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	2460.98	1	2460.98	337.99	**
B:Tipo de Proceso	536.54	3	178.847	24.56	**
INTERACCIONES					
AB	65.3666	3	21.7889	2.99	n.s
RESIDUOS	116.5	16	7.28127		

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.963358	3.752641	2.698384	71.90625

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	488.162400	488.162400	67.04	* *
EXTRUIDO	1	386.243267	386.243267	53.05	* *
LAMINADO	1	857.293067	857.293067	117.74	* *
SIN PROCESO	1	794.650417	794.650417	109.14	* *

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	115.468558	38.489519	5.29	* *
PASANKALLA	3	486.438467	162.146156	22.27	* *

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	61.78	0.778956	X
NEGRA COLLANA	12	82.0325	0.778956	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
SIN PROCESO	6	67.3383	1.10161	X
LAMINADO	6	67.46	1.10161	X
EXPANDIDO	6	74.3933	1.10161	X
EXTRUIDO	6	78.4333	1.10161	X

Anexo 8

Análisis de varianza para % humedad de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	0.843649	1	0.843649	234880.3	**
B:Tipo de Proceso	2.08556	3	0.695187	193547.0	**
INTERACCIONES					
AB	0.866428	3	0.288809	80407.3	**
RESIDUOS	0.000057469	16	0.000003591		
TOTAL (CORREGIDO)	3.7957	23			

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.999985	0.065916	0.001895	2.875212

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	0.001916	0.001916	533.43	**
EXTRUIDO	1	0.004217	0.004217	1174.18	**
LAMINADO	1	0.550001	0.550001	153126	**
SIN PROCESO	1	1.153943	1.153943	321269	**

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	2.808304	0.936101	260620	**
PASANKALLA	3	0.143686	0.047895	13334.6	**

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	2.68772	0.0005471	X
NEGRA COLLANA	12	3.0627	0.0005471	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EXTRUIDO	6	2.57733	0.0007737	X
EXPANDIDO	6	2.61145	0.0007737	X
LAMINADO	6	3.0304	0.0007737	X
SIN PROCESO	6	3.28167	0.0007737	X

Anexo 9**Análisis de varianza para % ceniza de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)****A) Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	0.0383068	1	0.0383068	315.51	**
B:Tipo de proceso	1.10214	3	0.367379	3025.91	**
INTERACCIONES					
AB	0.0986506	3	0.0328835	270.84	**
RESIDUOS	0.00194258	16	0.000121411		
TOTAL (CORREGIDO)	1.24104	23			

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.998435	0.654179	0.011019	1.684352

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	0.000064658	0.000064658	0.53	*
EXTRUIDO	1	0.002032	0.002032	16.74	*
LAMINADO	1	0.000159	0.000159	1.31	*
SIN PROCESO	1	0.134702	0.134702	1109.47	**

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	0.300442	0.100147	824.86	**
PASANKALLA	3	0.900346	0.066441	2471.90	**

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	1.6444	0.0031808	X
NEGRA COLLANA	12	1.7243	0.0031808	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
LAMINADO	6	1.45772	0.0044983	X
EXPANDIDO	6	1.51655	0.0044983	X
EXTRUIDO	6	1.76672	0.0044983	X
SIN PROCESO	6	1.99642	0.0044983	X

Anexo 10

Análisis de varianza para % grasa de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	0.0548546	1	0.0548546	5037.21	**
B:Tipo de proceso	1.09305	3	0.364349	33457.5	**
INTERACCIONES					
AB	0.0723183	3	0.0241061	2213.62	**
RESIDUOS	0.000174238	16	0.0000108899		
TOTAL (CORREGIDO)	1.22039	23			

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.999857	0.142388	0.003300	2.317592

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	0.043079	0.043079	3955.84	**
EXTRUIDO	1	0.009053	0.009053	831.32	**
LAMINADO	1	0.064713	0.064713	5942.53	**
SIN PROCESO	1	0.010328	0.010328	948.39	**

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	0.638475	0.212825	19543.4	**
PASANKALLA	3	0.526889	0.175630	16127.8	**

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	2.26978	0.0009526	X
NEGRA COLLANA	12	2.3654	0.0009526	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EXPANDIDO	6	2.0358	0.0013472	X
EXTRUIDO	6	2.18826	0.0013472	X
LAMINADO	6	2.49551	0.0013472	X
SIN PROCESO	6	2.5508	0.0013472	X

Anexo 11

Análisis de varianza para % proteína de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	0.0188082	1	0.0188082	178.75	**
B:Tipo de proceso	2.21667	3	0.738891	7022.18	**
INTERACCIONES					
AB	0.115082	3	0.0383608	364.57	**
RESIDUOS	0.00168356	16	0.000105222		
TOTAL (CORREGIDO)	2.35225	23			

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.999284	0.301805	0.010258	3.398822

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	0.039883	0.039883	379.03	**
EXTRUIDO	1	0.007651	0.007651	72.71	**
LAMINADO	1	0.012171	0.012171	115.67	**
SIN PROCESO	1	0.074186	1.073077	705.04	**

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	1.281931	0.427310	4061.02	**
PASANKALLA	3	1.049824	0.349941	3325.73	**

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	3.37083	0.0029611	X
NEGRA COLLANA	12	3.42682	0.0029611	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EXTRUIDO	6	3.08198	0.0041877	X
EXPANDIDO	6	3.11688	0.0041877	X
LAMINADO	6	3.62647	0.0041877	X
SIN PROCESO	6	3.76996	0.0041877	X

Anexo 12

Análisis de varianza para % fibra de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	0.028169	1	0.028169	199.62	**
B:Tipo de proceso	1.8114	3	0.603799	4278.80	**
INTERACCIONES					
AB	0.0127543	3	0.00425143	30.13	**
RESIDUOS	0.00225782	16	0.000141114		
TOTAL (CORREGIDO)	1.85458	23			

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.998783	0653491	0.011879	1.817799

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	0.001187	0.001187	8.41	*
EXTRUIDO	1	0.004483	0.004483	31.77	**
LAMINADO	1	0.002985	0.002985	21.15	*
SIN PROCESO	1	0.032269	0.032269	228.67	**

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	1.037429	0.345810	2450.57	**
PASANKALLA	3	0.786722	0.262241	1858.36	**

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
PASANKALLA	12	1.78354	0.0034292	X
NEGRA COLLANA	12	1.85206	0.0034292	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EXPANDIDO	6	1.42116	0.0048496	X
LAMINADO	6	1.72125	0.0048496	X
EXTRUIDO	6	1.98181	0.0048496	X
SIN PROCESO	6	2.14698	0.0048496	X

Anexo 13

Análisis de varianza para % carbohidrato de quinua cruda y procesada (Expandido, laminado y extruido)

A) Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>S. C.</i>	<i>Gl</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Variedad	36.4689	1	36.4689	7234.95	**
B:Tipo de proceso	685.271	3	228.424	45316.3	**
INTERACCIONES					
AB	38.5145	3	12.8382	2546.93	**
RESIDUOS	0.0806504	16	0.00504065		

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

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Media
0.999894	0.130817	0.070998	54.27248

B) Efecto simple de la variedad dentro de los procesos

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
EXPANDIDO	1	7.321731	7.321731	1452.54	* *
EXTRUIDO	1	0.107816	0.107816	21.39	*
LAMINADO	1	2.716632	2.716632	538.94	* *
SIN PROCESO	1	66.646675	66.646675	13221.8	* *

C) Efecto simple de los procesos dentro de las variedades

Tipo de Proceso	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
NEGRA COLLANA	3	501.042839	167.014280	33133.5	* *
PASANKALLA	3	222.742967	74.247656	14729.8	* *

D) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para las variedades

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
NEGRA COLLANA	12	53.0398	0.0204952	X
PASANKALLA	12	55.5052	0.0204952	X

E) Prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.15$) para los procesos

<i>VARIEDAD</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
SIN PROCESO	6	45.7212	0.0289846	X
LAMINADO	6	53.8786	0.0289846	X
EXTRUIDO	6	58.0649	0.0289846	X
EXPANDIDO	6	59.4252	0.0289846	X

Anexo 14

Panel fotográfico

FOTO 1. Acondicionamiento de la humedad en la planta “El altiplano S.A”



FOTO 2. Proceso de expandido en la planta “El altiplano S.A”



FOTO 3. Proceso de laminado en la planta “El altiplano S.A”



FOTO 4. Hojuelas de quinua variedad Pasankalla y Negra Collana



FOTO 5. Proceso de Extrusión en la planta “El altiplano S.A”



FOTO 6. Productos finales



FOTO 7. Análisis de compuestos fenólicos

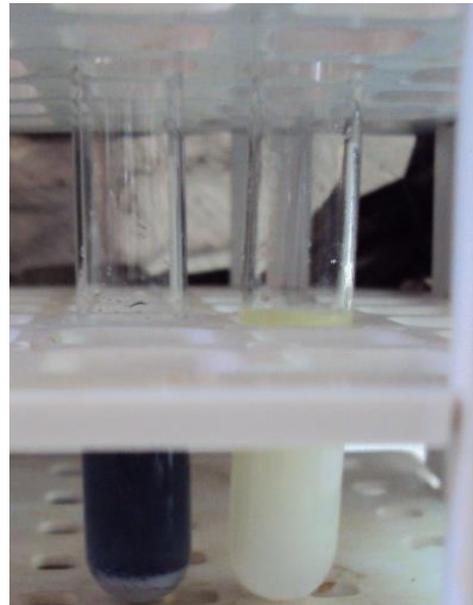


FOTO 8. Análisis de capacidad antioxidante



Anexo 13

Certificado de Investigación

 **PLANTA DE SERVICIOS AGROINDUSTRIALES**
EL ALTIPLANO S.A.C.
Telf. 051-600166 Cel: 951631164 E-mail: elaltiplanosac@hotmail.com
Av. Circunvalación Mz.D L15-A JULIACA - PUNO - PERU 

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE PLANTA DE "EL ALTIPLANO S.A.C.

Hace constar:

Que, la Srta. **Suny Mamani Coaquira**, identificada con D.N.I. 46400373, Bachiller en Ciencias Agroindustriales de la Universidad Nacional del Altiplano "UNA-PUNO; ha realizado en nuestra planta de procesamiento de granos andinos, las pruebas de laminado, expandido y extruido de quinua para ejecución del Proyecto de Investigación **"EVALUACION DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENOLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*)"**, dichas pruebas se realizaron en el periodo diciembre 2013 a enero 2014.

Se le expide la presente constancia a solicitud de la interesada.

Juliaca, 18 de Enero del 2014.

 
EL ALTIPLANO S.A.C.
Juan Luis Condori Balta
JEFE DE PLANTA
D.N.I. 01325903



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Floral 1153, C.U. Telf. (051) 366080 IP. 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0048-2014

SOLICITANTE : SUNY MAMANI COAQUIRA
 TITULO DE TESIS : "EVALUACION DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENOLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*)"
 ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 FACULTAD : CIENCIAS AGRARIAS
 PRODUCTOS : - QUINUA VARIEDAD PASANXALLA
 - QUINUA VARIEDAD NEGRA COLLANA
 ENSAYO SOLICITADO : FISICO QUIMICO
 FECHA DE RECEPCION : 12 de Agosto del 2014
 FECHA DE ENSAYO : 12 de Agosto del 2014
 FECHA DE EMISION : 08 de Setiembre del 2014

RESULTADOS:

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

RESULTADOS FISICO QUIMICOS QUINUA VARIEDAD PASANXALLA

PRODUCTO	% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEINA	% GRASA	% FIBRA	% CARBOHIDRATOS
SIN PROCESAR	8.08	4.61	13.39	6.30	4.30	63.33
EXPANSIÓN	6.91	2.29	9.21	3.81	1.98	75.80
LAMINADOS	7.44	2.11	13.46	5.72	2.89	68.39
EXTRUSION	6.51	3.19	9.72	4.96	3.82	71.81

RESULTADOS FISICO QUIMICOS QUINUA VARIEDAD NEGRA COLLANA

PRODUCTO	% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEINA	% GRASA	% FIBRA	% CARBOHIDRATOS
SIN PROCESAR	13.84	3.41	15.06	6.72	4.93	56.03
EXPANSIÓN	6.73	2.31	10.29	4.50	2.06	72.46
LAMINADOS	11.11	2.11	12.83	6.66	3.04	64.26
EXTRUSION	6.78	3.06	9.28	4.62	4.04	72.23

CONCLUSIÓN : Los resultado de los análisis Físico Químico están conformes.

Puno, C. U. 08 de Setiembre del 2014



Ing^o OSWALDO APPAS ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P. 160625



Luis Alberto Jiménez Montroy
 M.Sc. AGROINDUSTRIAL
 CIR. 19812
 JEFE DE LABORATORIO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080



CONSTANCIA

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE EVALUACIÓN
NUTRICIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO**

Hace constar:

Que la Bach. **Suny Mamani Coaquira** egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-PUNO, quien ha desarrollado y caracterizado la quinua, como parte de su trabajo de tesis titulado "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES PROCESOS AGROINDUSTRIALES EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)". Efectuado los siguientes análisis.

Características funcionales y químicas: determinación del contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, humedad, fibra, proteínas, grasa, cenizas y carbohidratos. Análisis realizado en las instalaciones del laboratorio de investigación de evaluación nutricional iniciando su trabajo el día 07 de Abril al 27 de Agosto del 2014 tiempo en el cual los análisis descritos.

Por lo cual se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines pertinentes.

Puno, 08 de setiembre del 2014.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial
Luis Alberto Jiménez Monroy
M.Sc. AGROINDUSTRIAL
CIP: 19812
JEFE DE LABORATORIO

E-mail: direccion.epiai@unap.edu.pe